

**PLAN DE MEJORAMIENTO AL PROCESO DE PRODUCCION DE PINTURAS
MASILLAS Y RESINAS DE LA EMPRESA INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A.**

MARISOL RAMIREZ CANIZALES

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2013**

**PLAN DE MEJORAMIENTO AL PROCESO DE PRODUCCION DE PINTURAS
MASILLAS Y RESINAS DE LA EMPRESA INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A.**

MARISOL RAMIREZ CANIZALES
Pasantía Institucional para optar el título de
Ingeniero Industrial

Director
CARLOS ALBERTO ESCOBAR
Esp. Producción productividad y aseguramiento de la calidad

UNIVERSIDAD AUTONÓMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2013

Nota de Aceptación:

Aprobado por el comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar el título de Ingeniero Industrial.

ALEJANDRO SILVA PERDOMO

Jurado

LUIS ALBERTO GARCÍA

Jurado

Santiago de Cali, 7 de Junio de 2013

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi esposo, por ser un pilar para mi vida, por su apoyo incondicional, su amor y su respeto, me supo entender en los momentos difíciles, me apoyo y me ayudo a sacar adelante esta carrera con todos sus obstáculos.

A mis maestros por su gran apoyo y motivación para la culminación del ciclo de estudios profesionales y poder contar con las bases para la elaboración de este trabajo de grado. A mi profesor Carlos Alberto Escobar por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo impecable de esta investigación.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| RESUMEN | 13 |
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 15 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO EL PROBLEMA | 15 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 16 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 18 |
| 3. OBJETIVOS | 19 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL | 19 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 4. MARCOS DE REFERENCIA | 20 |
| 4.1. ANTECEDENTES | 20 |
| 4.2. MARCO CONTEXTUAL | 22 |
| 4.2.1. Tipos de productos que fabrican. | 23 |
| 4.3. MARCO TEÓRICO | 24 |
| 4.3.1. Productividad. | 24 |
| 4.3.2. Mejoramiento de procesos. | 24 |
| 4.3.3. El concepto de proceso. | 25 |
| 4.3.4. Aplicación de pronósticos en las operaciones. | 28 |
| 4.3.5. Esquema de subsistemas de producción operaciones y de pronósticos de la demanda. | 28 |
| 4.3.6. Pronósticos. | 30 |
| 4.3.7. Herramientas para el análisis de procesos. | 32 |
| 4.3.8. Metodología CAPDO | 38 |

| | |
|---|-----|
| 4.3.9. Capacidad de producción. | 40 |
| 4.3.10. Control de inventarios. | 41 |
| 5. DIAGNÓSTICO GENERAL | 44 |
| 6. METODOLOGÍA | 45 |
| 6.1. METODOLOGÍA A USAR | 45 |
| 7. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION | 46 |
| 7.1. CHEQUEO DE DATOS | 46 |
| 7.1.1. Matriz de priorización. | 46 |
| 7.2. ANÁLISIS DE DATOS | 49 |
| 7.2.1. Diagrama Causa–efecto. Paradas de planta por faltante de materia prima. | 51 |
| 7.2.2. Diagrama Causa–efecto. Bajo aprovechamiento o uso de la capacidad instalada disponible. | 54 |
| 7.2.3. Diagrama Causa–efecto. Reclamos de los clientes por incumplimiento de especificaciones de calidad. | 57 |
| 7.3. PLANIFICACIÓN DE ACCIONES DE MEJORA | 60 |
| 7.4. HACER. IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE MEJORA A CORTO PLAZO. | 64 |
| 7.4.1. Minimizar las paradas de planta por faltante de materias primas. | 64 |
| 7.4.2. Implementar un modelo de control del inventario para la materia prima principal del producto tipo A. | 73 |
| 7.4.3. Plan de mejora para aprovechamiento de la capacidad instalada. | 87 |
| 7.4.4. Capacidad de producción de la línea de masilla 34-1. | 100 |
| 7.4.5. Análisis de los Reclamos de los clientes por incumplimiento de especificaciones de calidad. | 103 |
| 8. CONCLUSIONES | 110 |
| BIBLIOGRAFIA | 113 |
| ANEXOS | 116 |

LISTA DE CUADROS

| | Pág |
|--|------------|
| Cuadro No. 1. Criterios de Calificación | 46 |
| Cuadro No. 2. Calificación de los hallazgos en la matriz de priorización. | 47 |
| Cuadro No .3. Categorización de los hallazgos en la matriz de priorización. | 47 |
| Cuadro No. 4. Matriz De Priorización. | 48 |
| Cuadro No. 5. Análisis de causas paradas de planta por faltante de materias primas. | 52 |
| Cuadro No. 6.(Continuación). Análisis de causas paradas de planta por faltante de materias primas. | 53 |
| Cuadro No.7. Análisis de causas bajo aprovechamiento de la capacidad instalada. | 55 |
| Cuadro No.8. (Continuación) Análisis de causas bajo aprovechamiento de la capacidad instalada. | 56 |
| Cuadro No. 9. Reclamo de los clientes por falta de las especificaciones de calidad. | 58 |
| Cuadro No. 10.(Continuación). Reclamo de los clientes por falta de las especificaciones de calidad. | 59 |
| Cuadro No. 11. Plan de mejora para minimizar las paradas de planta por faltante de materias primas | 61 |
| Cuadro No. 12. Plan de mejora para el aprovechamiento de la capacidad instalada. | 62 |

| | |
|---|-----------|
| Cuadro No. 13. Plan de mejora para minimizar el reclamo de los clientes por falta de especificación de calidad. | 63 |
| Cuadro No. 14. Pronóstico de la demanda producto (masilla 34-1) Método estacional con regresión lineal. | 70 |
| Cuadro No. 15. Pronóstico de la demanda producto (masilla 34-1) Método estacional con regresión lineal 3° y 4° trimestre de 2012. | 73 |
| Cuadro No. 16. Consumo mensual de anhídrido Ftálico para cálculo del coeficiente de variación. | 75 |
| Cuadro No. 17. Sustentación cálculo costo colocar una orden S. | 77 |
| Cuadro No. 18. Porcentaje de costos para el mantenimiento del inventario | 80 |
| Cuadro No. 19. Análisis de sensibilidad. | 85 |
| Cuadro No. 20. Registro la utilización horas por día planta de resinas en el mes de Septiembre de 2012 | 88 |
| Cuadro No. 21. Relación toneladas de resina producidas vs recursos utilizados. | 89 |
| Cuadro No. 22. Relación en pesos de recursos utilizados. | 89 |
| Cuadro No. 23. Relación de utilización planta de resinas mes octubre 2012 | 94 |
| Cuadro No. 24. Relación toneladas de resina producidas vs recursos utilizados después de implementadas las acciones de mejoramiento. | 95 |
| Cuadro No. 25. Relación en pesos de recursos utilizados | 95 |

| | |
|--|------------|
| Cuadro No. 26. Efectividad del plan de mejora en la planta de resinas en términos de costos. | 97 |
| Cuadro No. 27. Efectividad del plan de mejora en la planta de resinas en términos de productividad. | 98 |
| Cuadro No. 28. Proceso de masilla 34-1 | 99 |
| Cuadro No. 29. Programación para el mantenimiento preventivo de la planta de resinas para el 2013 | 105 |
| Cuadro No. 30. Caracterización del Anhídrido Ftálico | 107 |
| Cuadro No. 31.(Continuación) Caracterización del Anhídrido Ftálico | 108 |
| Cuadro No. 31.(Continuación) Caracterización del Anhídrido Ftálico | 109 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág |
|--|------------|
| Figura 1. Subsistema de producción operaciones y pronósticos de la demanda | 29 |
| Figura 2. Matriz Dofa | 36 |
| Figura 3. Ciclo de mejora Capdo | 39 |
| Figura 4. Diagrama causa-efecto paradas de planta por faltantes de materia prima. | 51 |
| Figura 5. Diagrama causa-efecto bajo aprovechamiento de la capacidad instalada | 54 |
| Figura 6. Diagrama causa-efecto reclamos de los clientes | 57 |
| Figura No.7. Gráfico Pareto para los productos terminados. | 64 |
| Figura No.8. Gráfica Demanda real masilla 34-1. En 12 trimestres | 66 |
| Figura No.9. Gráfica Demanda real masilla 34-1 año 2009 periodo (julio- diciembre) | 67 |
| Figura No.10. Gráfica Demanda real masilla 34-1 año 2010 | 67 |
| Figura No.11. Gráfica Demanda real masilla 34-1 año 2011 | 68 |
| Figura No.12. Gráfica Demanda real masilla 34-1 año 2012 | 68 |
| Figura No.13. Gráfica Pronostico de demanda masilla 34-1. Regresión lineal con factor estacional. | 72 |
| Figura No.14. Gráfica Demanda mensual de Anhídrido Ftálico | 75 |
| Figura No.15. Grafica Análisis de sensibilidad para el modelo EOQ | 86 |
| Figura 16. Distribución de fluidos. Planta de resinas | 93 |
| Figura 17. Diagrama de bloque -Masilla 34-1 | 100 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág |
|---|------------|
| Anexo A. Formato acta de reunión de equipo interdisciplinario. | 116 |
| Anexo B. Resumen de reclamo de los clientes por incumplimiento de especificaciones de calidad durante el segundo trimestre del 2012. | 117 |
| Anexo C. Consumo de MP durante el periodo Julio 2011-Junio 2012 | 118 |
| Anexo D. Ventas de producto terminado en el periodo Julio 2011 – Junio 2012. | 120 |
| Anexo E. Ventas en galones de producto líder (Masilla 34-1) periodo Julio 2009-Junio 2012. | 121 |
| Anexo F. Registro de paradas de planta y línea de producción Periodo Julio 2011-Junio 2012. | 122 |

RESUMEN

En el entorno altamente competitivo que caracteriza a la economía globalizada del siglo XXI, resulta de gran importancia mejorar la competitividad de las empresas, con el fin de garantizar su supervivencia y éxito, por lo cual es indispensable conocer los factores que ayudan a alcanzarla. Las pymes conscientes de esta amenaza, se acercan cada vez más a los centros de educación e investigación con el fin de encontrar estrategias metodológicas que le permitan solidificar sus procesos productivos y garantizar la competitividad a través de la eficiencia y efectividad de los mismos.

Este es el caso de INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A., una empresa Vallecaucana del sector productivo de las pinturas, dedicada a la fabricación y distribución de resinas, masillas y pinturas en el territorio nacional, consiente de altos niveles de riesgo de la permanencia en el mercado por falta de competitividad asociada a la pobre implementación de herramientas metodológicas desarrolladas por la ingeniería para la planeación estratégica de su producción, el aseguramiento de la calidad de los productos, los tiempos de entrega oportunos, entre otras razones.

Por las razones anteriormente descritas se hizo necesario realizar una investigación en el área de producción, utilizando herramientas como la matriz de priorización, el diagrama causa-efecto, el Pareto, pronósticos de demanda, los sistemas de control de inventarios, el método para el cálculo de la productividad y la conformación de equipos de mejoramiento, aplicando la metodología Capdo que diera como resultado el establecimiento de un plan de mejoramiento a mediano y largo plazo, y el desarrollo de acciones de mejoramiento en un corto plazo como validación de los modelos a implementar.

El desarrollo de este proyecto de investigación le permitió a INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A. identificar el bajo aprovechamiento de su capacidad instalada, el sobre costo de producción de la planta de resinas, la sub utilización de la capacidad de producción de la línea de masillas, la validación de un modelo de pronóstico de la demanda de su producto líder, como también el método para asegurar el control de inventarios, utilizado en la materia prima de mayor importancia del producto líder.

Palabras claves: Pronósticos de la demanda, control de inventarios metodología Capdo, mejoramiento continuo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las pymes representan un gran porcentaje del total de las empresas Colombianas, sin embargo la gran mayoría de estas presentan inconvenientes por falta de competitividad en el mercado, esto se debe a que no cuentan con metodologías que ayuden a la gestión del funcionamiento de las mismas para aumentar la eficiencia y eficacia de sus procesos.

INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A. es una empresa del sector productivo de pinturas, se dedica a la fabricación de masillas, resinas y pinturas, distribuyendo sus productos en el mercado nacional. En la actualidad la empresa se encuentra en un proceso de reestructuración y establecimiento de metas que le permitan ser competitivos en el mercado, buscando mejorar el nivel de la productividad y el aumento de la competitividad, pretendiendo lograr estos objetivos con la aplicación de conceptos e instrumentos de la ingeniería industrial tales como normalización de los procesos productivos, planeación de la producción, el establecimiento de una política clara para la adquisición de las materias primas, la planeación de la distribución y logística de producto terminado a los clientes, y la solución oportuna de quejas y reclamos por calidad del producto terminado.

La planeación de los procesos productivos en el caso de las pymes es una gran oportunidad que puede llegar a ofrecer ventajas competitivas debido a que involucra actividades que permiten anteponerse a las necesidades del mercado por medio de la predicción y así, definir y proyectar los recursos necesarios para suplir dicha demanda futura.

Una adecuada planeación debe complementarse con una serie de mecanismos de control de procesos para asegurar la efectividad, esta se logra siempre y cuando las personas involucradas estén comprometidas con todas aquellas actividades que proporcionen mejoras para la organización, con el uso adecuado de los recursos para generar ingresos, buscando la mayor eficiencia, lo que finalmente genera un aumento de productividad.

Este proyecto pretende determinar en donde se están presentando las fallas y poder controlarlas, reducirlas o eliminarlas a tiempo, de tal manera que le permita a la empresa mejorar el servicio al cliente, aumentar la productividad y la competitividad.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO EL PROBLEMA

En la actualidad con la globalización de las economías y los mercados, los directivos de Industria Macar Palmira S.A, tienen claro y son conscientes que su permanencia en el negocio está en riesgo debido a que las empresas competencia están avanzando en la tecnificación de sus procesos y en el desarrollo de nuevos productos, lo cual las hace altamente competitivas en calidad de producto, tiempos de entrega, mejores precios y flexibilidad en las especificaciones de producto, todo esto favorece la atención de las necesidades del mercado.

El proyecto de grado plantea como problema identificar las causas o parámetros que reducen la competitividad y la productividad de la empresa, para afrontar las necesidades de un mercado globalizado.

La identificación de las causas o parámetros que reducen la competitividad y productividad plantean la conformación de un equipo de trabajo interdisciplinario conformado por el gerente, el jefe de servicio al cliente, el jefe de compras, el jefe de producción, el asesor externo y el practicante, quienes utilizando la técnica de la tormenta de ideas han identificado sin sesgos y de una forma idónea las potenciales causas del problema planteado.

Como resultado de las reuniones del equipo de trabajo se identificaron las siguientes posibles causas, algunas de las cuales durante la elaboración del proyecto se observa que nunca aplican o son descartadas.

- Paradas en los procesos de la planta.
- Poca tecnificación en la operación de la planta.
- Altos costos en la compra materias primas.
- Frecuentes quejas y reclamos de los clientes.
- Incumplimiento en las entregas de producto terminado.
- Sobre costos operativos por falta de mantenimiento preventivo.
- Falta de una caracterización de los productos y procesos.
- Falta la elaboración de fichas técnicas de proceso.
- Deficiente balance en la programación de la planta.

- Bajo nivel de uso de la capacidad operativa de la planta.
- Bajo nivel de competitividad de las masillas a nivel nacional por su costo.
- Baja Competitividad de las resinas de poliéster a nivel nacional por su calidad y costo.
- Poco uso de las herramientas técnicas para la programación de la planta.
- Falencias en el programa de salud ocupacional.
- El lay out o distribución en planta no es funcional.
- Deficiencia en gestión administrativa en importación de Materias Primas.
- Falta de información sobre la demanda futura de las materias primas tipo ABC.
- Falta de protocolo para la atención de pedidos del cliente.
- Incumplimiento en las especificaciones de calidad de Materias primas.
- Reclamos de los clientes por incumplimiento de las especificaciones de calidad.
- Deficiente inventario de producto para promesa DPP.
- Incumplimiento en las fechas y cantidades de entrega.
- Falta de planeación en los procesos de producción de pinturas, masillas y resinas.
- Falta identificar las cantidades de inventario de seguridad en la materia prima fundamental.

Ante la gran cantidad de posibles causas del problema el equipo de mejoramiento define hacer uso de la herramienta matriz de priorización para clasificar los hallazgos en categorías que faciliten el inicio de trabajo sobre los mismos.

Los resultados obtenidos con la aplicación de la matriz de priorización (Ver tabla No.1 pág. 50) nos muestran las principales causas de la baja competitividad y productividad, permitiendo de una forma técnica la formulación de un plan de mejoramiento.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El plan de mejoramiento contribuye con la solución de los problemas presentados en la planta de producción y en el departamento de servicio al cliente?

De acuerdo con lo anterior la pregunta que desea resolver este proyecto es: ¿Es posible identificar e implementar un plan de mejoramiento que permita controlar reducir o eliminar los hallazgos encontrados como causas que reducen la

competitividad de la empresa en las líneas de producción de pinturas, masillas y resinas, producto del estudio de los hallazgos encontrados que permitan a la empresa ser más competitiva?

2. JUSTIFICACIÓN

En el entorno altamente competitivo que caracteriza a la economía globalizada del siglo XXI, resulta de gran importancia mejorar la competitividad de las empresas, con el fin de garantizar su supervivencia y el éxito, por lo cual es indispensable conocer los factores que ayudan a alcanzarla.

En este sentido, La OCDE, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (1992) cuyo objetivo es intercambiar información y armonizar políticas para maximizar el crecimiento económico y colaborar al desarrollo de los países miembros y no miembros, argumenta que los factores que influyen para alcanzar la competitividad de una empresa incluyen, entre otros, la gestión exitosa de mecanismos de interacción entre planeación, mercadotecnia, investigación y desarrollo, diseño e ingeniería, y el manejo exitoso de los flujos de producción, materias primas e inventarios¹.

Por lo anterior la gerencia de INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A. está interesada en mejorar los procesos de producción para suplir las necesidades de los clientes. Ha identificado entre los puntos críticos, la falta de pronósticos de la demanda, las pérdidas de productividad por paradas de planta, el desabastecimiento de materias primas, la baja productividad y los reclamos de los clientes por falta de cumplimiento de las especificaciones de calidad, entre otras.

Por esta razón es necesario realizar una investigación en el área de producción, utilizando herramientas como la matriz de priorización, el diagrama causa-efecto, el Pareto, pronósticos de demanda, los sistemas de control de inventarios, el método para el cálculo de la productividad y la conformación de equipos de mejoramiento, aplicando la metodología Capdo la cual está conformada por cuatro pasos sistemáticos que permiten chequear los datos, analizar la información, plantear las mejoras mediante un plan de mejoramiento y ejecutar o hacer de forma cronológica y estructurada lo identificado en el plan elaborado.

¹ CASTAÑON IBARRA, Rosario. La política industrial como eje conductor de la competitividad en las Pymes. México: Fondo de Cultura Económica. 2005. ISBN 9681678109. P 58

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan de mejoramiento que permita el aumento de la productividad, rentabilidad y competitividad de la empresa a partir del análisis de las causas que generan los problemas en la producción de las líneas de masillas y resinas.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular cuál es la capacidad instalada de la línea de producción del producto líder de la empresa (Masilla 34-1) y determinar si es suficiente para atender la demanda o incrementar la capacidad de las ventas y la rentabilidad.
- Pronosticar la demanda del producto líder (Masilla 34-1) en el periodo julio-diciembre de 2012 y compararlo con la demanda real del mismo periodo comprobando el modelo de pronóstico para utilizarlo en el futuro.
- Implementar un modelo para el manejo y control del inventario de la materia prima básica en la fabricación del producto líder que permita minimizar las paradas de línea por faltantes de materias primas o incumplimiento de entregas de producto terminado.
- Indicar las potenciales mejoras a realizar en la empresa en el mediano y largo plazo, que permita el aumento de la competitividad.

4. MARCOS DE REFERENCIA

4.1. ANTECEDENTES

La implementación de la gestión de operaciones se puede desarrollar en cualquier empresa, sea en el sector productivo o de servicios, con el propósito de establecer mejoras en los procesos.

En INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A, en sus 66 años de existencia nunca ha desarrollado estudios en el área de la producción, en estos momentos está teniendo su primer acercamiento a los procesos de análisis desarrollados por la ingeniería a través de la implementación de pasantía universitaria en convenio con la Universidad Autónoma de Occidente, con el proyecto plan de mejoramiento al proceso de producción de pinturas, masillas y resinas de la empresa.

El principal objetivo de la implementación de herramientas de la gestión de operaciones es identificar los factores críticos que provocan los retrasos en las líneas de producción, evaluarlos, estructurar un plan de mejoramiento e implementarlo, elevando así el nivel de productividad a través de una toma de decisiones objetiva que eleva el nivel de eficiencia y efectividad de la línea de producción.

En la actualidad debido a la globalización, la tendencia mundial pretende incrementar el rendimiento de cualquier tipo de trabajo, dicho de otro modo, el interés radica en realizar estudios de métodos y tiempos, partiendo de la consigna “donde quiera que se realice un trabajo manual existe siempre el problema de hallar el medio más económico de hacerlo y de determinar la cantidad de trabajo que debería hacerse en un periodo de tiempo dado”.

En la empresa Metales y Derivados S.A, Medellín, se realizó un estudio para el aprovechamiento de los recursos existentes de mano de obra, equipos, materia prima y material, partiendo de un análisis de métodos y tiempos y el análisis de la distribución física de la planta. Estudio que arrojó una inadecuada distribución de la planta que incrementaba el tiempo de producción por desplazamientos innecesarios para lo cual planteó un plan de mejoras para obtener un mejor flujo de los materiales y personas, demostrando el ahorro en el recorrido de materiales y por consiguiente un menor desperdicio de tiempos productivos en la planta.

Esta demostró una mayor eficiencia de la producción y el flujo más continuo del material, como resultado del análisis de tiempos y movimientos.²

En la empresa Colcafé Bogotá, se realizó el estudio “Diseño de una metodología para la planeación y programación de la producción de café tostado y molido” la cual fue elaborada por dos estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. El problema que dio como punto de partida ésta investigación fue la falta de claridad con relación a la producción de café molido o tostado de acuerdo a la demanda, el resultado de la investigación detectó la falta de aplicación de pronósticos pertinentes para la planeación de la producción de la empresa de acuerdo con el comportamiento de la demanda.

Otro ejemplo de investigación donde se aplicó herramientas de ingeniería para la producción fue en Tecnoquímicas en la ciudad de Santiago de Cali, en esta empresa se implementó un estudio de métodos titulado “Propuesta para el mejoramiento de la eficiencia de mano de obra y normalización en las secciones de manufactura y empaque de una empresa de productos farmacéuticos”³ elaborada por dos estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana. La investigación dio como resultado una falla en los canales de comunicación entre los departamentos de la empresa lo que desencadenaba una gran desorganización de las operaciones; para afrontar esta problemática se planteó la normalización de los procesos, pretendiendo de esta manera lograr una aproximación ordenada de las actividades específicas del proceso para evitar errores y crear un lenguaje claro y preciso en otras palabras establecer medidas de control.

De igual manera, en la empresa vallecaucana Espumas del Valle S.A., en el año 2011 se adelantó una investigación en el área de corte con el objetivo de identificar los tiempos de ocio, identificar los movimientos improductivos que provocan desperdicios de tiempo y material, con el objetivo de aumentar la productividad utilizando los mismo recursos para la producción y mejorar el desempeño de los trabajadores al disminuir la fatiga, el trabajo de grado denominado “Plan de mejoramiento con implementación de métodos en el proceso

²PENA ZAPATA, Gloria Elena, Estudio de métodos y tiempos en la planta de producción de La empresa Metales y Derivados S.A. [en línea]. Universidad Nacional de Colombia. [consultado el 4 de abril de 2012] Disponible en Internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/872/>.

³CIFUENTES PERDOMO, Andrés Felipe y HERNÁNDEZ VARGAS, José Guillermo. Propuesta para el mejoramiento de la eficiencia de mano de obra y normalización en las secciones de manufactura y empaque de una empresa de productos farmacéuticos. Trabajo de Grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería, 2001. 236 p.

de corte de espuma para la empresa Espumas del Valle S.A.”⁴ el estudio implemento técnicas de ingeniería de métodos como análisis causa efecto de los problemas, identificación , clasificación y ponderación de los problemas, niveles de productividad en las líneas, diagramas de recorrido, diagramas de proceso, tablas de ponderación entre otras. Este estudio permitió la normalización de los tiempos de procesos en el área, de igual manera identificó que la gran mayoría de desperdicio de materia prima y de horas hombre se debía a inconvenientes, retrasos o falta de planeación de las otras áreas de la empresa; un aporte importante de esta investigación radicó en el establecimiento de un nivel de productividad más alto al desarrollar un plan de mejoramiento de tipo tecnológico en las máquinas de corte.

Las investigaciones anteriormente mencionadas dan muestra de la importancia del uso correcto de las herramientas de la ingeniería como factor clave de éxito para el aumento de la productividad de las organizaciones, haciendo que su proceso productivo genere mayor rentabilidad haciéndola más competitiva.

4.2. MARCO CONTEXTUAL

El área de producción de IINDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A. es la encargada de transformar la materia prima y entregarla a la bodega en producto terminado, se cuenta con tres líneas de producción pinturas, masillas y resinas; cada área cuenta con sus respectivos equipos y operarios con gran experiencia en su área. La planta de resinas provee a las líneas de masillas y pinturas de tal manera que tenga materia prima suficiente para cumplir la demanda.

El proceso de producción de resinas se realiza utilizando diversos reactores y equipos. Las cuales se han destinado a realizar procesos específicos, dependiendo del tipo de producto a fabricar.

El desempeño del área de resinas depende de la correcta programación de sus procesos, la interacción y la comunicación que se establezca con las otras áreas.

En la investigación se realiza un diagnóstico de las áreas de producción de la empresa con el objeto de realizar un plan de mejoramiento que le permita a la

⁴LONDOÑO ROJAS, Johanna. Plan de mejoramiento con implementación de métodos en el proceso de corte de espuma para la empresa Espumas del Valle S.A. Trabajo de grado para obtener el título de ingeniero industrial. Universidad autónoma de occidente. Facultad de Ingenierías. Santiago de Cali. Pág. 164.

empresa potencializar sus fortalezas y mejorar sus debilidades: para ello se recurrió a las entrevistas con el Gerente, el jefe de producción, la jefe de compras y operarios del área de producción. La información general obtenida fue la siguiente:

- La empresa nunca había sentido la necesidad de priorizar las actividades y dificultades encontradas en el área de producción y servicio al cliente.
- Presenta poca organización respecto de las materias primas, faltantes y desperdicios.
- Es alto el esfuerzo físico que deben de realizar los operarios al manipular materias primas pesadas.
- Las operarias del área de envasado realizan mucho esfuerzo, pues el proceso de filtrado de las pinturas es muy difícil y demorado.
- Los operarios están expuestos a muchos riesgos y deben realizar grandes esfuerzos.
- El llenado de los productos no es exacto, ya que se presenta actividades manuales que provoca variabilidad, dando como resultados cambios en los pesos por galón, esto por error humano y por la temperatura del producto a la hora del envasado.
- No hay control sobre los desperdicios, de materia prima, ni producto terminado.
- Al no tener pronósticos las materias primas faltan antes de lo esperado, y no existe inventario de producto determinado que le permita a la empresa responder de manera inmediata a los clientes.
- Se presentan paradas de planta por faltantes de materia prima en su mayoría importada.

4.2.1. Tipos de productos que fabrican. Los productos que se producen en la planta son los siguientes:

Masillas: son utilizadas para rellenar las imperfecciones en los terminados de lámina y algunos plásticos, además de esto dan pulimiento a los trabajos de reparación en vehículos para lámina y pintura, su presentación para los clientes es en galones, medios, cuartos y octavos de galón.

Pinturas: (esmalte) este es de tipo industrial y es utilizado para dar el acabado a artículos metálicos dando un muy buen terminado, duradero y brillante.

Resina: Es fabricada en la planta y pertenece al grupo de las resinas de poliéster, las cuales están diluidas en monómero de estireno, donde se encuentran

las partículas de la resina, permitiendo la polimerización de las mismas. Esta es utilizada mayormente para la fabricación de artículos con fibra de vidrio y piezas rígidas como moldes y mesones.

4.3. MARCO TEÓRICO

4.3.1. Productividad. La productividad es un proceso que tiene diferentes niveles de análisis y de complejidad los cuales pueden ser abordados de diferente manera desde una perspectiva macro como la productividad de un país hasta un nivel micro como la productividad de un empleado, en el medio de estos niveles se encuentra la industria.

Una de las razones por las que la posición competitiva de la empresa puede caer es cuando la calidad de los bienes y servicios producidos no satisfacen la necesidad de los clientes. Cuando la calidad, la adaptación de las especificaciones de diseño a las funciones, así como el grado en que la producción cumple con las especificaciones de los clientes, la demanda de productos y servicios puede disminuir rápidamente, por esto la calidad tiene que ver con la productividad.

La productividad se puede expresar con base en factores totales o en factores parciales, la productividad total de los factores es la relación entre lo producido y los insumos utilizados, se calcula con la siguiente formula.

$$Productividad = \frac{Productos}{ManodeObra + Capital + Materiales + Energia}$$

La productividad puede verse afectada por varios factores como la mano de obra, escasez de recursos, innovación, tecnología, y calidad de vida en el trabajo. La relación entre la producción, los insumos, mano de obra, capital, materiales y energía constituye una medida parcial de productividad.

4.3.2. Mejoramiento de procesos. La Administración de Procesos o Gestión por Procesos tiene seguidores en todo el mundo que buscan aplicarla. Pero actualmente este tipo de administración es una parte del trabajo diario de las organizaciones. Como lo asegura Hernando Mariño en su libro Gerencia de Procesos, “la Gerencia de Procesos se ha reconocido en todo el mundo, y parece sistemáticamente como uno de los criterios esenciales para reconocer

públicamente las empresas con desempeño excelente en la estructura de todos los premios nacionales de calidad”⁵.

La Gerencia de Procesos tuvo su origen en el movimiento de calidad. Hasta principios del siglo XX las organizaciones orientaban su gerencia hacia el producto y no hacia el proceso, llevándolas a enfocar sus sistemas de producción y de operaciones hacia la productividad con base en el aumento de producto terminado o servicio prestado. Es entonces cuando el enfoque de administración científica enfocado hacia la productividad, desarrollado por Frederick Taylor toma gran valor. Logra aumentar la productividad de las empresas asignando a personas “educadas” como ingenieros o administradores el planeamiento de la planta y dejando para las personas “no educadas” o trabajadores y supervisores la simple ejecución de dichos planes. Este sistema tiene dos grandes desventajas:

- Los trabajadores pierden poder y autonomía en sus labores diarias limitando así la creatividad e ingenio.
- La caída en la calidad del producto.

Esta segunda es la que más ha preocupado a los diferentes movimientos de calidad que han surgido desde entonces ya que es de gran impacto hacia el consumidor final. Para solucionar este problema los directivos y gerentes de las empresas plantean la creación de cargos de inspectores o auditores dentro del departamento de producción que se encargarían de controlar que la calidad del producto terminado cumpliera con los estándares definidos, disminuyendo de esta forma los costos por insatisfacción del consumidor.

4.3.3. El concepto de proceso. Por muchos años se han utilizado diferentes definiciones para explicar el significado de proceso, por lo cual no es fácil utilizar un solo significado. MARIÑO NAVARRETE (2001) cita las siguientes definiciones de este concepto⁶:

- “Secuencia de acciones o conjunto de actividades encadenadas que transforman en productos o resultados con características definidas unos insumos o recursos variables, agregándoles valor con un sentido específico para el cliente”
- “Sistema de actividades que utiliza recursos para transformar entradas en salidas”

⁵ MARIÑO NAVARRETE, Hernando. Gerencia de Procesos. Bogotá: Alfaomega, 2001. p. 30

⁶ Ibíd. , p. 21

- “Es un ordenamiento específico de actividades en lugar y tiempo, que tiene un principio y un fin, con insumos o entradas y productos o resultados claramente especificados”.

H. J. Harrington define en su libro *Mejoramiento de los Procesos de la Empresa* un proceso como “Cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor a éste y suministre un producto a un cliente externo o interno”⁷.

Es evidente que estos no son los únicos conceptos existentes sobre un proceso, pero es fundamental tener claro que al realizar un proceso se está desarrollando una transformación que agrega valor, bien sea para el cliente externo como para el cliente interno. Tener el concepto claro de proceso no es suficiente para lograr un mejoramiento adecuado de éste. La identificación y clasificación de los procesos implica entender la existencia de dos grandes procesos. Según algunos autores existen procesos organizacionales y procesos funcionales. Los procesos organizacionales implican interacción entre áreas y trabajo en equipo, crítico para el éxito de la organización. Por otro lado, los procesos funcionales son todos aquellos bajo el control de un área o función, en donde el trabajo en equipo es propio del área o función y pueden ser cambiados internamente.

La identificación de los procesos requiere además de trabajo en equipo, un entendimiento común acerca de los procesos generales en los que trabaja la compañía. Esto se puede lograr analizando toda la cadena cliente-proveedor que se maneja por cada proceso, iniciando desde que el cliente entra a la cadena planteando sus expectativas, hasta que se entrega el producto terminado con estándares de calidad en cuanto a materia prima y servicio.

La clasificación de los procesos es importante porque establece cuáles son las salidas o resultados que se producen y establece dónde se inicia el siguiente paso de todo el proceso.

A continuación se presentan algunas de las definiciones de términos más utilizadas en la gerencia de procesos descritos en el libro *Gerencia de Procesos*⁸:

⁷ HARRINGTON, H. J. *Mejoramiento de los Procesos de la Empresa*. Estados Unidos: McGraw Hill, 1994. p. 28.

⁸ MARIÑO NAVARRETE, Hernando. Op cit., p. 35

- Procedimiento o protocolo: Es un proceso normalizado. Es decir, cuando el proceso ha sido mejorado, viene la etapa de control. Por tanto, el procedimiento es el conjunto de actividades normalizadas que deben cumplirse en todas y cada una de las etapas del proceso.
- El procedimiento puede estar documentado o no: En el primer caso, se utiliza con frecuencia el término procedimiento escrito o procedimiento documentado.
- Capacidad de proceso: Aptitud de un proceso para obtener un producto que cumple con los requisitos para ese producto. El concepto de capacidad se aplica también a una organización o sistema.
- Producto: Es la salida de un proceso. Tal salida puede ser un bien tangible como el caso de un automóvil o un informe escrito o intangible como la entrega de conocimiento en una universidad.
- Cliente: Organización o persona que recibe un producto. Algunos sinónimos utilizados son: consumidor, usuario final, beneficiario, comprador, paciente, ciudadano. El cliente puede ser interno o externo a la organización.
- Entrada: Las entradas de un proceso son por lo general salidas de otros procesos. Las materias primas, los materiales, la información, las personas, los insumos, el dinero entre otros, son ejemplos de entradas de un proceso.
- Proveedor: Organización o persona que suministra un producto. Otros sinónimos con frecuencia utilizados son: suministrador, productor, distribuidor, minorista, vendedor, prestador de un servicio. Cuando el proveedor tiene relación contractual con el cliente, usualmente se denomina contratista.
- Indicadores o medidores: Conjunto de mediciones realizadas al proceso para medir tanto las actividades como los resultados del proceso. Los indicadores suelen enfocarse en los aspectos de eficacia y eficiencia⁹.

Para lograr una eficaz y eficiente gerencia de los procesos y un mejoramiento continuo de los mismos es fundamental que los gerentes y directores de las compañías adopten metodologías que permitan el desarrollo y compromiso de todos los entes involucrados en el proceso (cliente interno, cliente externo, proveedores, etc.).

En la gerencia de cualquier proceso, el punto de inicio es determinar quiénes son los clientes y cuáles son sus necesidades y expectativas, requerimientos que deben ser entregados al cliente como salida del proceso, es decir el producto que él está esperando. Los proveedores son parte intrínseca del proceso, pueden ser externos a una organización o estar en su interior, en cualquier caso los proveedores entregan suministros, materia prima, insumos, personas, información, etc., que se denominan de manera general entradas del proceso.

⁹ MARIÑO NAVARRETE, Hernando. Op cit., p. 73

4.3.4. Aplicación de pronósticos en las operaciones. En este proceso se estiman los acontecimientos futuros proyectando los datos del pasado, estos datos permiten realizar estimaciones del comportamiento futuro, los pronósticos cuantitativos solo pueden hacerse cuando se dispone de datos históricos.

El pronóstico de la demanda se obtiene normalmente calculando volúmenes esperados de ventas, el número de galones de pintura a vender en cada línea de producción o el número de pacientes atendidos en un hospital.

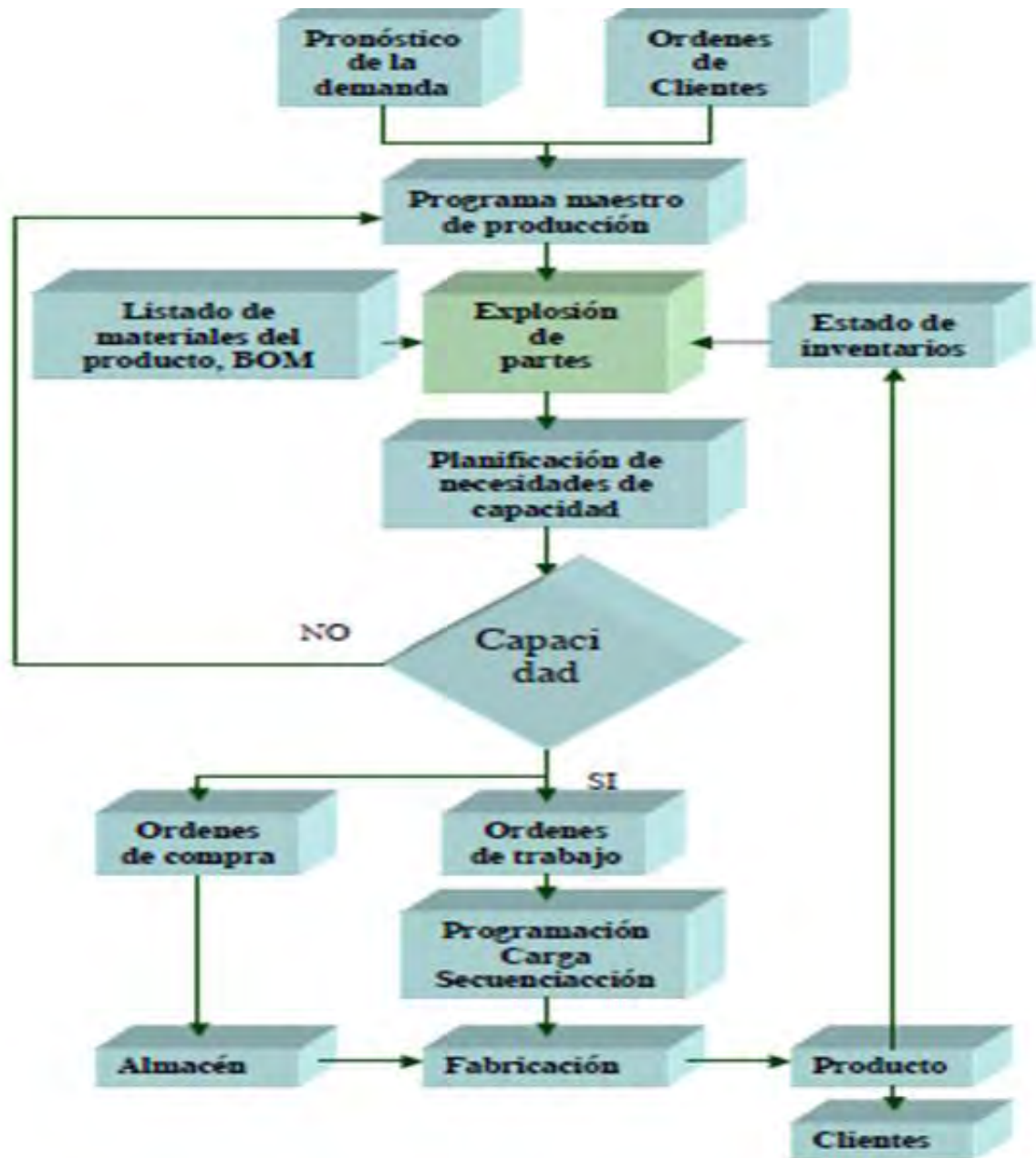
“Para planear el sistema es necesario conocer las demandas agregadas futuras de manera que los procesos puedan diseñarse o rediseñarse para crear los flujos de productos necesarios para satisfacer la demanda¹⁰”, una vez establecido el volumen de producción anticipadamente se toman las decisiones del diseño del proceso, del producto e inversión en maquinaria. De ahí que las variaciones significativas entre la demanda anticipada y la demanda real pueden originar costos de producción y operación excesivos.

4.3.5. Esquema de subsistemas de producción operaciones y de pronósticos de la demanda. Con este sistema se puede realizar el control efectivo de los inventarios, asegurar la entrega oportuna a los clientes y controlar los costos de producción.

El plan maestro de producción indica las cantidades de productos terminados a fabricar en cada una de las líneas de producción, el plan se alimenta de información comercial dada a partir de previsiones de la demanda de acuerdo con las políticas fijadas por la dirección de la empresa con base en la disposición de recursos críticos adoptándose las decisiones oportunas en cuanto a la cantidad de productos terminados a fabricar.

¹⁰EVERETT E, Adam, Jr.; RONALD Ebert, Administración de la producción y las operaciones, 4 ed., Prentice hall, ISBN 986.880.221.2. p. 86

Figura 1. Subsistema de producción operaciones y pronósticos de la demanda



Fuente: R. FUCCI, Tomás A. Enfoque actual de las técnicas sistemas de producción [en línea]. [Consultado 02 de abril de 2012]. Disponible en Internet: [www.econ.uba.ar/.../producción/.../JIT-MCM%20\(18\)](http://www.econ.uba.ar/.../producción/.../JIT-MCM%20(18))

4.3.6. Pronósticos. Los pronósticos son el primer paso dentro de la planificación de la producción y estos sirven como punto de partida para la elaboración del Plan Maestro de Producción, permitiéndole a la organización visualizar de manera aproximada los acontecimientos a futuro. El pronóstico suele entender como la estimación anticipada del valor de una variable, por ejemplo: la demanda de un producto.

Un pronóstico también se definirse como el resultado de la aplicación de un método de predicción en que partiendo de determinadas series de datos, se formula una “proyección” en el futuro.

Existen diferentes formas de realizar pronósticos de acuerdo al comportamiento de la demanda, de esta manera se toma como referencia algunos de los métodos utilizados y citados por Everette Adam JR y Ronald Ebert (1991) en su libro *Administración de la producción y las Operaciones*.

4.3.6.1. Promedio Simple (PS). Se calcula tomando el promedio de los datos del pasado, estos datos tienen el mismo peso relativo y se calculan de la siguiente manera:

$$PS = \frac{\text{Suma de demandas de todos los periodos anteriores}}{\text{Numero de periodos de demanda}}$$

4.3.6.2. Promedio Móvil Simple (PMS). La media móvil simple se construye calculando la media de los datos de la demanda de un período determinado. El término móvil se debe a que cada vez que se calcula se utiliza el último período. Así, si hoy calculamos una media móvil de diez días, supongamos que estamos en el día 20, calcularemos la media del día 11 al 20. Sin embargo mañana será el día 21, y calcularemos el período del 12 al 21, los diez últimos días. Es decir que siempre se utiliza un periodo dado.

$$MMS = \frac{\text{Suma de demandas anteriores de los ultimos N periodos}}{\text{Numero de periodos empleados en la media movil}}$$

4.3.6.3. Media Móvil Ponderada (MMP). Una Media Móvil Ponderada se calcula a través de la multiplicación de cada período de tiempo anterior por un peso. El peso está basado en el número de días del promedio móvil o bajo consideración, dándole más peso a la información más reciente que a datos más antiguos

Así que en un MMP de 25, el peso del primer día es 1, mientras que el peso del día más reciente es de 25. Esto da 25 veces más peso a la demanda de hoy que al de hace 25 días.

$$MMP = \sum_{t=1}^n C_t D_t$$

4.3.6.4. Suavizado Exponencial. La suavización exponencial es una técnica de pronóstico de series de tiempo (promedios móviles) que pondera los datos históricos exponencialmente para que los datos más recientes tengan más peso en el promedio móvil. Con la suavización exponencial simple, el pronóstico F_t se constituye con la predicción del último periodo F_{t-1} más una porción α de la diferencia entre el valor de la demanda real del periodo anterior D_{t-1} y el pronóstico del periodo anterior F_{t-1}

La constante de suavización α es un numero entre 0 y 1 que multiplica cada pronóstico, pero su influencia desciende exponencialmente al hacerse más antiguo.

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1}$$

4.3.6.5. Pronóstico Estacional. Muchos de los productos manejados por las organizaciones tienen un comportamiento de demanda estacional de sus bienes o servicios. Tienen patrones estacionales que están formados por movimientos ascendentes o descendentes que se repiten y deben ser medidos en periodos (días, semanas, meses o trimestres) dichos periodos se llaman estaciones. Por ejemplo la llegada de clientes a un restaurante, en un día cualquiera puede alcanzar un punto máximo entre las 11 am y la 1pm y entre la 6pm y las 9 pm, en este caso la duración del patrón estacional es de un día y cada hora del día es una estación, o el comportamiento por trimestres en una empresa cuando sus ventas presentan patrones de comportamiento por ejemplo las ventas de una fábrica de textiles en el último trimestre del año. En forma similar la demanda de los negocios de expedición de licor que puede alcanzar un punto máximo los sábados, semana tras semana. En este caso el patrón estacional dura una

semana y las estaciones son los días de la semana. Para calcular el pronóstico estacional se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El proceso de separar o clasificar los datos de una demanda se conoce como Descomposición de una serie de Tiempo, vamos a estudiar dos tipos de variación estacional la Sumada y la Multiplicada.
- En una gráfica de demanda se observara un comportamiento con picos lo que indica que existe un patrón estacional.
- La variación estacional Sumada presupone que el monto estacional es constante, independientemente de cual sea la tendencia o el monto promedio.
- El pronóstico incluye tendencia y estacionalidad= tendencia + estacionalidad
- La variación estacional Multiplicada se multiplica la tendencia por los factores estacionales.
- El pronóstico incluye tendencia y estacionalidad= Tendencia X Factor estacional.
- El factor estacional o índice estacional es la cantidad de corrección que necesita una serie de tiempo para ajustarse a la estación del año.

Para trabajar con datos de demanda con tendencia, ciclos, estaciones y quitarle el componente de estacionalidad a la demanda, cuando se trate de un solo periodo se pueden indicar así:

- Calcule la demanda promedio por estación.
- Divida la demanda real correspondiente a una estación entre la demanda promedio, el resultado obtenido es el índice estacional para cada una de las estaciones del año, el cual indica el nivel de la demanda en relación con la demanda promedio.
- Calcule el índice estacional promedio para cada estación, usando los datos del paso 2.
- Calcule el pronóstico de cada estación para el periodo siguiente, comenzando con el cálculo de la demanda promedio por estación, use el método empírico, los promedios móviles, el suavizamiento exponencial, o la regresión lineal para elaborar el pronóstico de demanda, encuentre finalmente el pronóstico estacional multiplicando el índice estacional por la demanda promedio por estación.

4.3.7. Herramientas para el análisis de procesos. Para un correcto análisis de los procesos es importante utilizar las herramientas idóneas para cada caso, de esta manera se procede a nombrar algunas de las más comunes y usadas en la industria.

4.3.7.1. Diagrama de Pareto. Definición del concepto de diagrama de Pareto¹¹. El diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales).

Sus principales ventajas son:

- Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Ayuda a evitar que se empeore alguna causa al tratar de solucionar otra, de ser resueltas.
- Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.

El diagrama de Pareto se usa principalmente para:

- Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras presentes pero menos importantes.
- Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.

Puede ser asimismo utilizado tanto para investigar efectos como causas.

- Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores.

4.3.7.2. Cadena cliente proveedor. Definición de cadena cliente-proveedor¹². La cadena Cliente Proveedor es una herramienta que permite la visualización de todas las etapas de un proceso.

¹¹ ASAKA, Tetsuichi. Manual de Herramientas de Calidad: El enfoque Japonés. Tokio: Japanese Standards Association, 1988. p. 123.

¹² EVANS, James R. y LINDSAY, William. Op cit., p. 32

Es de gran ayuda para determinar el diagnóstico del problema a trabajar.

Si se analiza el proceso como funciona en realidad, parte en el proveedor y finaliza en el cliente. Sin embargo, con el fin de asegurar que el proceso satisface las necesidades y expectativas del cliente, es desde este último que debe construirse.

Es preciso entonces definir cada uno de los componentes de la cadena:

- Cliente: Son todas aquellas personas internas o externas que reciben el servicio o producto.
- Producto: Es el resultado de una actividad específica o de un proceso. Pueden ser bienes o servicios: Tangibles o Intangibles.
- Proceso: Conjunto de tareas distintas, relacionadas entre sí, que buscan cumplir una misión, y generar un resultado (Bien o Servicio). Gerenciado por un responsable.
- Insumos: Son todos aquellos elementos tangibles o intangibles que se requieren para poder realizar un proceso.
- Proveedor: Son todas aquellas personas/entidades internas y externas que entregan los insumos requeridos.

Debido a que las necesidades y expectativas del cliente varían, se requiere una constante negociación con el mismo y con el proveedor, en otras palabras la cadena no es estática.

4.3.7.3. Diagrama causa- efecto. El diagrama causa-efecto. También conocido como "diagrama de espina de pescado" o diagrama de Ishikawa.

Es una herramienta sistémica para la resolución de problemas que permiten apreciar la relación existente entre una característica de calidad (efecto) y los factores (causas) que la afectan, para así poder definir las causas principales de un problema existente en un proceso. Las causas son determinadas pensando en el efecto que tiene sobre el resultado, indicando por medio de flechas la relación lógica entre la causa y el efecto¹³.

¹³ KUME, Hitoshi. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Bogotá: Norma, 1998. p. 106

El diagrama de causa-efecto es aplicable en cualquier proceso (administrativo, productivo, etc.) en donde se requiera solucionar un problema o en donde se desee implementar una mejora ya que es una excelente herramienta que sirve para centralizar esfuerzos al momento de optimizar los procesos. Sirve para determinar en qué aspecto se debe trabajar. Clasifica los problemas recurrentes en 6 aspectos: 6 “M” (Método, Maquinaria, Mano de Obra, Materiales, Medio Ambiente y Medición).

Se compone de un rectángulo que se sitúa a la derecha y donde se escribe el resultado final (efecto o consecuencia) y al que llega una flecha desde la izquierda. Otras flechas (que representan cada “M”) se disponen como en una espina de pescado sobre la más grande, que es la columna vertebral. Se representan líneas oblicuas que reflejan las principales causas que influyen señalando a la flecha principal. A cada flecha oblicua principal le llegan otras flechas secundarias que indican sub-causas y, en la medida que el análisis tenga niveles más profundos, las sub divisiones pueden ampliarse.

4.3.7.4. La matriz DOFA. DOFA¹⁴ es la sigla usada para referirse a una herramienta analítica que permite trabajar con toda la información que se posee sobre un proyecto o un negocio útil para examinar sus Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas.

Este tipo de análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares de un proyecto o negocio y el entorno en el cual éste compite. El análisis DOFA tiene múltiples aplicaciones y puede ser usado por todos los niveles de la compañía y en diferentes unidades de análisis tales como producto, mercado, producto-mercado, línea de productos, corporación, empresa, división, unidad estratégica de negocios, etc. Muchas de las conclusiones, obtenidas como resultado del análisis DOFA, podrán ser de gran utilidad en el análisis del mercado y en las estrategias de mercadeo que diseñe y que califiquen para ser incorporadas en el plan de negocios. Además serán de gran utilidad para el planteamiento de estrategias en cuanto al mejoramiento continuo de procesos, estrategias de reestructuración y de competitividad.

El análisis DOFA debe enfocarse solamente hacia los factores claves para el éxito de su negocio. Debe resaltar las fortalezas y las debilidades diferenciales internas al compararlo de manera objetiva y realista con la competencia y con las oportunidades y amenazas claves del entorno. Lo anterior significa que el análisis DOFA consta de dos partes: una interna y otra externa.

¹⁴ STANTON, William J. Fundamentos del Marketing. México: Mc. Graw Hill, 1999. p. 178.

- La parte interna tiene que ver con las fortalezas y las debilidades del negocio, aspectos sobre los cuales se tiene algún grado de control.
- La parte externa mira las oportunidades que ofrece el mercado y las amenazas que debe enfrentar el negocio en el mercado seleccionado. Aquí se tiene que desarrollar toda la capacidad y habilidad para aprovechar esas oportunidades y para minimizar o anular esas amenazas, circunstancias sobre las cuales se tiene poco o ningún control directo.

Estas son algunas de las metodologías y herramientas que los autores plantean y exponen para el mejoramiento de procesos y solución de problemas en empresas de servicio y de manufactura.

Figura 2. Matriz Dofa



Fuente: Exposición sobre la matriz de los sistemas de información, [en línea]. Marzo del 2011[consultado 20 de Marzo de 2012]. Disponible en Internet: http://admon8.blogspot.com/2011/03/exposicion-sobre-matriz-dofa-de-los_27.html.

4.3.7.5. Matriz de priorización. La Matriz de Priorización es una herramienta muy útil que se debe utilizar con los miembros de su equipo interdisciplinario de trabajo o con sus usuarios a efecto de obtener un consenso sobre un tema específico. La matriz ayuda a clasificar problemas, usualmente se realiza el listado de problemas con la ayuda de una tormenta de ideas basada en criterios particulares importantes para una organización. De esta manera podrá ver con

mayor claridad cuáles son los problemas más importantes sobre los que se debe trabajar primero.

Pasos para su elaboración.

- Lleve a cabo una tormenta de ideas sobre problemas que se tengan.
- Llene una Matriz de Priorización con el grupo o equipo de trabajo.
- En la primera columna ponga los problemas mencionados en la sesión de tormenta de ideas.
- De la segunda a la cuarta columnas, defina el criterio. Ejemplos de criterios típicos son:

Frecuencia: ¿Qué tan frecuente es el problema?, ¿Ocurre seguido o sólo en raras ocasiones?.

Importancia: Desde el punto de vista de los usuarios, ¿Cuáles son los problemas más importantes? Y ¿Cuáles son los problemas que quiere resolver?.

Factibilidad: ¿Qué tan realista es que podamos resolver el problema?, ¿Será fácil o difícil?

Se Pueden seleccionar otro tipo de criterios si resuelven de mejor manera el asunto en discusión. Por ejemplo: si se quiere contar con una comparación más cuantitativa, pueden utilizar costos, tiempo invertido, o cualquier otro indicador numérico como criterio.

Si bien no existe un número mínimo o máximo de criterios, tres o cuatro es la cantidad óptima para las matrices. Si esta tiene más de cuatro se torna difícil de manejar. Una manera de reducir el número de criterios consiste en decidir si hay algún criterio que todas las opciones deban cumplir, Úselo primero para eliminar opciones.

Otra forma de evitar que la matriz se torne difícil es limitar el número de opciones que se consideran. Si la lista de opciones es muy larga (tiene más de 6 opciones), pueden resultar más fácil acortar la lista primero eliminando algunas.

Por ejemplo, los criterios que se usan más comúnmente para eliminar la consideración de posibles problemas incluyen:

- El problema es demasiado grande o complejo para solucionarlo.
- No es factible efectuar cambios en esta área (más allá del control o la autoridad del equipo)
- Falta de interés por parte del personal para trabajar en el problema.
- Votación.- se debe llevar a cabo una votación entre los miembros del equipo. Cada uno votará tres veces por cada criterio. Cada participante votará entonces un total de nueve veces.
- Totalice los votos. Al hacerlo se verá claramente la prioridad de los problemas.

4.3.8. Metodología CAPDO. Básicamente la metodología consiste en aplicar los mismos conceptos del ciclo PHVA pero iniciando el ciclo de manera desfasada. En lugar de empezar por la Planificación se empieza por la Verificación. Esto supone que no se está diseñando “desde cero” sino que se busca mejorar, corregir u optimizar un proceso que ya está en marcha. El Ciclo se denomina comúnmente Capdo y consiste en aplicar la siguiente secuencia de trabajo:

- Verificar (Check)
- Analizar (Act)
- Planificar (Plan)
- Hacer (Do)

4.3.8.1. Verificar o “Chequear”. Consiste en coleccionar los datos relativos al problema. Se trata de conocer adecuadamente el estado actual para tener una idea clara del problema con relación a la condición ideal. No se trata de sacar conclusiones apresuradas sino de relevar los datos asociados al problema. ¿Qué vemos?, ¿Qué aparece?, ¿Qué síntomas son visibles?, ¿conoce la situación actual?

4.3.8.2. Analizar. Este paso consiste en analizar los datos del problema para encontrar la causa raíz. Una vez que se dispone la mayor cantidad de datos posibles se procede a su análisis. Por eso el objetivo es ahora entender las razones del problema: Por qué ocurrió lo que ocurrió. No se trata de quedarse en el síntoma sino de averiguar cabalmente qué fue lo que lo produjo.

Para ello se utilizan las herramientas más apropiadas al tipo de problema:

- Cinco (5) Por Qué
- Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)
- Mapa de Tiempos de Operación
- Análisis cero averías (PM)
- Matriz de la Calidad

4.3.8.3. Planificar. Una vez encontrada la causa raíz, se debe planear la puesta en marcha de las posibles soluciones con responsables y plazos. Conviene aquí definir aquellos indicadores de gestión más apropiados para visualizar la efectividad de las acciones planteadas.

4.3.8.4. Hacer. Después de encontrar las soluciones se debe poner en práctica la solución. Esta es el resultado de una acción reflexionada por el grupo de los directamente involucrados y que apunta a solucionar definitivamente el problema.

El Ciclo Capdo refuerza el concepto de iniciar el análisis partiendo de la realidad concreta que nos interesa mejorar (maquinaria, equipo de trabajo o la empresa misma), lo que los japoneses denominan GEMBA. Sólo desde allí es posible imaginar acciones que respondan eficazmente y sean una verdadera solución.

Figura 3. Ciclo de mejora Capdo.



Fuente: PÉREZ VERZINI, Raúl A. El ciclo de Mejora Continua, [en línea]. Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas. [Consultado 26 de marzo de 2012]. Disponible en Internet: http://www.actiongroup.com.ar/news/news10/nota_02.htm

4.3.9. Capacidad de producción. La capacidad se define como el output por período que puede obtenerse con los recursos actuales en condiciones de operación normales. Es muy común errar en la medición de la capacidad es ignorando el tiempo. Por ejemplo, el número de camas en un hotel, representa el tamaño de las instalaciones y no la velocidad de producción. El número de camas debe combinarse con una duración estimada de estancia en el para llegar a una medida de la capacidad, por ejemplo, clientes por hora. También se suele confundir la capacidad (constante), con la capacidad pico y con el volumen. El volumen es la velocidad real de producción durante cierto período; la capacidad (constante) es la máxima cantidad de producción que puede obtenerse en condiciones normales de operación.

Se suele confundir con mucha frecuencia los conceptos de capacidad y volumen. Volumen es la tasa real de producción en una unidad de tiempo; mientras que capacidad es la tasa máxima de producción.

4.3.9.1. Dimensiones de la capacidad de producción. Para comprender la capacidad de producción de cada sistema es importante tener respuesta a las siguientes preguntas¹⁵.

¿Cuánto se dispone de cada recurso de producción? La capacidad de producción en cada periodo pudiera estar restringido por factores como cantidad de trabajadores o maquinas.

¿Cuánta capacidad proporciona cada tipo de recurso?. La cantidad de recursos necesaria para producir un solo producto permite traducir la demanda en necesidades de capacidad de producción, los estándares de mano de obra (horas de mano de obra por producto) y los estándares de máquinas (horas de máquinas por producto) por lo común se utiliza para traducir la demanda en cantidad de trabajadores y maquinas.

¿En qué paso de la producción determinamos la capacidad? En la producción enfocada a los productos, la capacidad pudiera determinarse mediante la operación de entrada, es decir la primera operación en una línea de producción.

En una producción enfocada a los procesos, la capacidad puede determinarse mediante una operación con cuello de botella, es decir una operación que tenga

¹⁵ GAITHER, Norman; FRAZIER Greg. Administración de la producción y operaciones, octava edición. México. International Thomson editores.1999. ISBN 970-686-031-2. Página 319

menor capacidad para un producto. En otros tipos de producción la capacidad puede determinarse en función del número de horas de mano de obra o en horas máquina de un departamento de producción en particular o de toda la fábrica.

¿Cuánto cuesta dimensionar capacidades hacia arriba y hacia abajo? El costo de contratar despedir o recontractar los empleados, por ejemplo, puede afectar los planes para proporcionar capacidad de producción.

La mano de obra en tiempo ordinario es la fuente preferida de capacidad de producción básica. Cuando la demanda excede la capacidad de fuerza de trabajo existente, se pueden utilizar nuevas contrataciones, tiempo extra, los inventarios y la subcontratación pueden costar más y generar otras dificultades. Las compañías precavidamente enfrentan la decisión de como proporcionar de la mejor manera capacidad de producción para los picos de la demanda.

4.3.10. Control de inventarios. El control de inventarios es una herramienta estratégica para el proceso de producción ya que la información que suministra es de suma importancia para la planeación de la producción, además permite llevar un proceso de control de compra y almacenamiento que no incurra en sobrecostos para la organización pues esta herramienta permite determinar el volumen de pedido, la cantidad optima de almacenamiento y lo que es más importante, establecer una política clara para el manejo de los inventarios, también permite alinearse con los objetivos estratégicos de las compañías del siglo XXI las cuales tienen políticas enfocadas en el servicio al cliente como una ventaja competitiva, si no se tiene una información oportuna y clara de los inventarios de acuerdo a la demanda fácilmente generan tropiezos en la producción, repercutiendo desfavorablemente al detrimento de la imagen de la compañía frente a sus clientes.

Para hacerle frente a lo anteriormente mencionado es preciso resaltar que existen seis herramientas sencillas para un afectivo control de inventarios estos son:

- Un sistema de reabasto optativo.
- Un sistema de dos cajones y un cajón.
- Un sistema de análisis ABC, un método para controlar y analizar el inventario basado en el valor.
- Un sistema de conteo cíclico que es una técnica para mejorar la exactitud de los registros del inventario.

- Un sistema de control con demanda determinística o sistema de control continuo, Q,
- Un sistema de control con demanda periódica, P.

4.3.10.1. Sistema de revisión continúa Q. Conocido a veces como sistema de punto de reorden, o sistema de cantidad fija, se lleva el control del inventario remanente de un artículo cada vez que se hace un retiro para determinar si ha llegado el momento de hacer un nuevo pedido.

Esto nos dice que el modelo de cantidad fija Q de las órdenes es un sistema de inventario Perpetuo, que requiere que cada vez que se retire o ingrese algo al inventario, se actualicen los registros de modo que reflejen si se ha llegado al punto de reorden. Cuando la posición del inventario llega a un nivel mínimo predeterminado, llamado punto de reorden R, se pide una cantidad fija Q, del artículo en cuestión. En un sistema de revisión continua, aunque la cantidad de pedido es fija, el tiempo que transcurre entre los pedidos suele variar, bien sea para aprovechar un descuento, o para completar un embarque terrestre o marítimo.

El modelo de cantidad fija EOQ parte de varios supuestos que a su vez identifican sus ventajas, precisión y robustez como modelo certero, pero también presenta algunas limitaciones para su empleo, los supuestos son:

- Un solo ítem
- Demanda constante, exacta y conocida.
- Los ítems se producen o se compran por lotes.
- Cada orden se recibe en un solo envío.
- No se permiten existencias.
- El costo fijo de emitir una orden o de alistamiento es constante y determinístico.
- El tiempo de entrega (lead time) del proveedor es contante y determinístico.
- No existen descuentos por volumen de pedido.

El modelo se hace más confiable en la medida que cumple con el mayor número de supuestos, Los parámetros y variables que considera el modelo EOQ son:

- D = Demanda anual, dada en unidades por año.
- d = demanda promedio diaria.
- S = Costo de ordenar o alistar, dado en unidades monetarias por orden.
- C = Costo del ítem, dado en unidades monetarias por unidad.
- r = Tasa de costo de mantener en inventario, dada en unidades porcentuales por año o $\$/ (\$ \cdot \text{año})$.
- H = Costo de mantener en inventario, dado en unidades monetarias por unidad por año.
- Q = Tamaño del lote Optimo, en unidades.
- R = Punto de colocar nueva orden o corrida, dada en unidades.
- N = Numero de ordenes o corridas al año.
- L = Tiempo de espera o lead time en unidades de tiempo.
- TBO = Tiempo entre cada orden.
- TRC = Costo total anual o costo total relevante.

4.3.10.2. Los niveles de servicios. Son reglas para tratar a los clientes cuando hay falta de existencias se pueden establecer y medir en diferentes formas, por ejemplo la probabilidad de que no se tengan existencias durante un tiempo determinado. Las empresas utilizan al menos dos medidas comunes.

- Relación del número de clientes que reciben el producto entre el número de clientes que demandan el producto.
- Relación del número de unidades proporcionadas con respecto al número de unidades demandadas.

5. DIAGNÓSTICO GENERAL

A través de la observación directa y el levantamiento de información se identifican las dificultades tanto en el proceso de producción como en la planeación de la misma, debido a que no se cuenta con una metodología basada en el conocimiento académico sino basado en la experiencia adquirida por los operarios y la falta de políticas estratégicas que le permitan a la empresa ser competitiva.

INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A. desde su creación y hasta la actualidad ha manejado un modelo de gerenciamiento tradicional, al ser una industria que nace a partir de una idea de negocio de un empleado de una compañía de pinturas y que gracias a su pujanza y empirismo en el gerenciamiento construye ladrillo a ladrillo una organización con gran proyección, por esta razón no se había sentido la necesidad de realizar estudios previos con el objetivo de formular estrategias que le permitan a la empresa crecer y ser más competitiva, por esto y por lo anteriormente mencionado se ha tomado la determinación de realizar un plan de mejoramiento cuyo objetivo sea mejorar cada día y ser más competitivo, bajando costos de producción, minimizando reclamos de los clientes por incumplimientos de especificaciones de calidad y determinando la capacidad real de las líneas de producción.

Otro aspecto que interfiere con la competitividad de la empresa son las materias primas. Por un lado algunas de estas están regidas por normas de tipo restrictivo debido a la peligrosidad de su manejo, la restricción de ellas está dada por la industria militar y antinarcóticos, pues estas sustancias son utilizadas en la fabricación de explosivos con fines terroristas y en fabricación de narcóticos, la restricción de estas materias primas es un gran limitante para la industria porque no deben exceder la cantidad de consumo permitida, esta limitante hace necesario el estudio de requerimientos de materias primas para que INDUSTRIAS MACAR S.A. pueda prever la solicitud de dichos permisos, máxime cuando éstos se expiden anualmente. Por otro lado, las materias primas de mayor volumen de consumo son importadas y su lead time está entre 60 y 75 días.

6. METODOLOGÍA

La gerencia de INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A. Inicia un estudio detallado en el área de producción y servicio al cliente con el fin de establecer herramientas que le permitan determinar las fallas y corregirlas oportunamente. La empresa tiene poco tecnificada la producción lo cual la hace poco competitiva.

Por lo anterior, se inicia un estudio de los problemas priorizados utilizando el diagrama de espina de pescado o análisis causa-efecto para determinar las causas que generan los inconvenientes. Con ayuda de la gestión de operaciones se pretende aplicar las herramientas idóneas que permitan a la empresa estructurar un plan de mejoramiento con ayuda de la caracterización de las materias primas la elaboración de pronóstico de la demanda del producto líder y manejo controlado de la materia prima fundamental, entre otros.

Con la metodología propuesta se pretende aplicar una técnica de estudio del trabajo, con el fin de identificar y analizar las fallas en los procesos productivos del área de masillas y resinas, que permita plantear las posibles soluciones a esta problemática.

6.1. METODOLOGÍA A USAR

La metodología a usar para el desarrollo de este proyecto es el Capdo, metodología que se desarrolla en cuatro momentos y permite sistemáticamente establecer y desarrollar un plan de mejora a partir de un diagnóstico y análisis de los datos.

7. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

7.1. CHEQUEO DE DATOS

Con los hallazgos obtenidos durante la fase inicial de la investigación, desde la tormenta de ideas del equipo interdisciplinario y en posteriores reuniones del mismo se establecieron los criterios para la calificación de los problemas presentados en la empresa para priorizarlas con la ayuda de la herramienta matriz de priorización, como primer paso de la metodología Capdo.

7.1.1. Matriz de priorización. La aplicación de la matriz de priorización requiere un paso previo para la determinación de las opciones sobre las que decidir, así como de identificación de criterios y de valoración del peso o ponderación que cada uno de ellos tendrá en la toma de decisiones.

7.1.1.1. Criterios de calificación. Los criterios identificados por el equipo interdisciplinario se listaron y se le asignaron un peso porcentual según el criterio de los miembros del equipo, estos son:

Cuadro No. 1. Criterio de Calificación

| NUMERO. | CRITERIO | PESO PORCENTUAL |
|---------|---------------------------------------|-----------------|
| 1 | Incremento de Costos | 5 % |
| 2 | Detiene un proceso | 10 % |
| 3 | Reduce Ingresos | 15 % |
| 4 | Afecta la imagen de la empresa | 20 % |
| 5 | Afecta al cliente | 30 % |
| 6 | Afecta la productividad de la empresa | 20 % |

De igual manera los hallazgos a priorizar fueron clasificados por áreas para su mejor comprensión, con la anterior información se procede a elaborar la matriz de priorización estableciendo la calificación que permita encontrar los hallazgos de alto impacto. De esta manera inicia el chequeo de los datos.

7.1.1.2. Calificación de los hallazgos en la matriz de priorización. Para la calificación de los hallazgos el equipo interdisciplinario planteó una escala de puntos de acuerdo con el impacto que pueda ocasionar el hallazgo, estructurado de la siguiente manera:

Cuadro No. 2. Calificación de los hallazgos en la matriz de priorización.

| NUMERO. | CALIFICACION | PUNTOS |
|---------|------------------|--------|
| 1 | Muy alto impacto | 90 |
| 2 | Alto impacto | 70 |
| 3 | Medio impacto | 50 |
| 4 | Bajo impacto | 20 |
| 5 | Poco o ninguno | 5 |

7.1.1.3. Categorización de los hallazgos en la matriz de priorización. Para la categorización de los hallazgos, es necesario multiplicar la calificación por el peso porcentual y promediarlos por el número de criterios, el equipo interdisciplinario planteó un rango de puntos para tres categorías A, B y C, siendo A el hallazgo de mayor importancia y como tal en mayor prioridad de intervención. Las categorías se estructuraron de la siguiente manera:

Cuadro No.3. Categorización de los hallazgos en la matriz de priorización.

| CATEGORIA | RANGO DE PUNTOS |
|-----------|-----------------|
| A | Entre 70 y 90 |
| B | Entre 51 y 69 |
| C | Menor a 50 |

Cuadro No. 4. Matriz De Priorización.

| AREA | HALLAZGOS O ALTERNATIVAS A PRIORIZAR | COSTOS | DETIENE UN PROCESO | REDUCE INGRESOS | AFECTA LA IMAGEN EMPRESA | AFECTA EL CLIENTE | EFFECTA LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA | TOTAL | CATEGORIA |
|------------|---|--------|--------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|--|-------|-----------|
| | | 5% | 10% | 15% | 20% | 30% | 20% | | |
| PRODUCCION | Paro de planta por faltante de materia prima | 50 | 90 | 90 | 70 | 70 | 90 | 78 | A |
| PRODUCCION | Baja competitividad en las masillas a nivel nacional | 50 | 20 | 20 | 70 | 50 | 50 | 46,5 | C |
| PRODUCCION | Baja competitividad de las resinas de poliéster por su calidad y costo | 20 | 20 | 20 | 90 | 70 | 70 | 59 | B |
| PRODUCCION | Falta un programa de mantenimiento preventivo para evitar incumplimientos y sobre costos. | 50 | 50 | 70 | 50 | 20 | 70 | 48 | C |
| PRODUCCION | Falta caracterización de productos y sus procesos | 50 | 70 | 50 | 20 | 70 | 90 | 60 | B |
| PRODUCCION | Falta de fichas técnicas de proceso | 20 | 50 | 50 | 20 | 70 | 70 | 52,5 | B |
| PLANEACION | Poco uso de las herramientas técnicas para programación de planta | 20 | 50 | 50 | 20 | 20 | 70 | 37,5 | C |
| PLANEACION | Incumplimiento en las entregas por planeación deficiente | 20 | 20 | 70 | 90 | 70 | 70 | 66,5 | B |
| PLANEACION | falta de balance en la programación de los procesos | 20 | 50 | 70 | 50 | 50 | 70 | 55,5 | B |
| PLANEACION | Bajo aprovechamiento o uso de la capacidad instalada. | 50 | 50 | 90 | 50 | 70 | 90 | 70 | A |
| GERENCIA | Falencias en el programa de salud ocupacional | 20 | 20 | 20 | 50 | 20 | 70 | 36 | C |
| GERENCIA | El lay out ó (distribución en planta no es funcional | 70 | 20 | 50 | 20 | 20 | 90 | 41 | C |
| GERENCIA | Deficiencia de gestión administrativa en importación de MP | 50 | 50 | 20 | 50 | 70 | 50 | 51,5 | B |
| MERCADEO | Falta de información sobre la demanda futura de las MP tipo ABC | 20 | 90 | 70 | 20 | 50 | 70 | 53,5 | B |
| MERCADEO | Falta de protocolo para la atención de pedidos al cliente | 20 | 20 | 50 | 50 | 70 | 70 | 55,5 | B |
| CALIDAD | Incumplimiento en las especificaciones de calidad de MP | 20 | 50 | 20 | 50 | 50 | 70 | 48 | C |
| CALIDAD | Reclamos de los clientes por incumplimiento de las especificaciones de calidad | 20 | 20 | 70 | 70 | 90 | 90 | 72,5 | A |
| LOGISTICA | Falta inventario de producto para promesa DPP | 20 | 20 | 90 | 70 | 70 | 70 | 65,5 | B |
| LOGISTICA | Incumplimiento en las fechas y cantidades de entrega | 20 | 50 | 50 | 70 | 70 | 50 | 58,5 | B |

Una vez realizada la matriz de priorización se puede concluir que los siguientes hallazgos o alternativas son las más importantes para realizar en el plan de mejoramiento.

- Paro de planta por faltante de materia prima.
- Bajo aprovechamiento o uso de la capacidad instalada.
- Reclamos de los clientes por incumplimiento de las especificaciones de calidad

7.2. ANÁLISIS DE DATOS

De acuerdo a los hallazgos priorizados en el primer paso de la metodología Capdo se prosigue con el análisis de los datos utilizando la herramienta diagrama causa-efecto, con el fin de entender mejor por qué se están presentando estas situaciones.

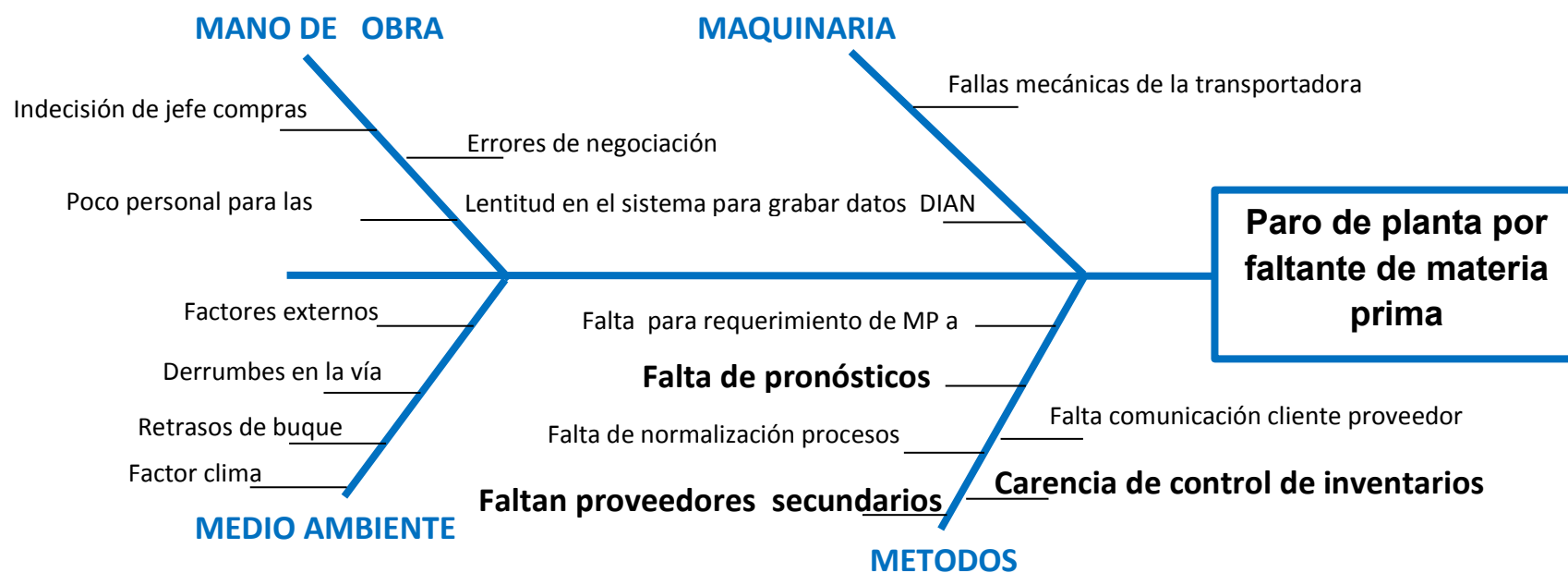
El objetivo de la realización del diagrama causa-efecto es identificar las causas que están generando los inconvenientes con el fin de recolectar la mayor cantidad de información. Para la elaboración del diagrama causa-efecto el equipo interdisciplinario realizó las siguientes actividades:

- Observación directa, en las oficinas de servicio al cliente, laboratorio de calidad, personal encargado de inventarios y planta de producción. Durante un periodo de tres meses.
- Reuniones con los vendedores quienes son los encargados de realizar las visitas a los clientes y además de recepcionar los pedidos reciben sus reclamos.
- Reuniones con el personal de producción con el fin de recolectar información directamente de las personas que desarrollan el proceso productivo, quienes usan la metodología de los equipos de mejoramiento para el análisis de los problemas.
- consolidación y estratificación de la información sobre reclamos de los clientes para determinar las causas raizales en los equipos de mejoramiento (ver Anexo B pág. 112) como fruto de las reuniones de los equipos de mejoramiento se identificaron muchas probables causas, las cuales se agruparon por familias o relacionadas, finalmente se dejaron las que se

consideran más importantes, ellas se mencionan en los respectivos diagramas causa efecto.

7.2.1. Diagrama Causa–efecto. Paradas de planta por faltante de materia prima.

Figura 4. Diagrama causa-efecto paradas de planta por faltantes de materia prima.



Una vez realizado el diagrama causa-efecto clasificando las causas en cuatros aspectos, se procedió a identificar las causas que pueden ser intervenidas por este proyecto desde el área de producción, para las cuales se plantea el siguiente análisis:

Se encontró que existen 3 causas básicas que pueden ser intervenidas con el fin minimizar las paradas de línea o de planta por faltante de materia prima.

Cuadro No. 5. Análisis de causas paradas de planta por faltante de materias primas.

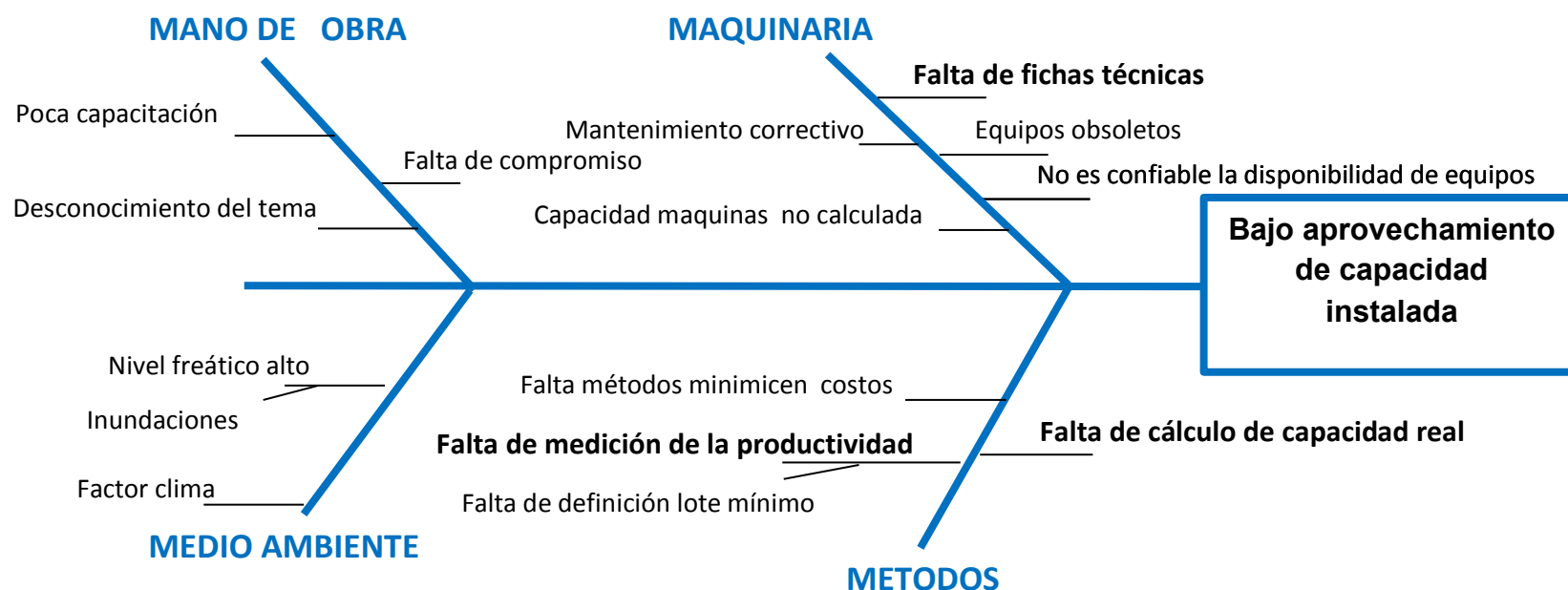
| EFEECTO | CAUSA | ANALISIS DE CAUSA |
|---|---|--|
| PARADAS DE PLANTA POR FALTANTE DE MATERIA PRIMA. | Ausencia de pronósticos para determinar la demanda | Las materias primas se terminan antes de lo esperado por no conocer el comportamiento de la demanda. |
| | | La requisición de materias primas se realiza según criterio del personal de la planta, sin ninguna política. |
| | Carece de implementación de un modelo de control de inventarios. | No existe un modelo de control de inventarios que permita el correcto manejo de los mismos. |
| | | La empresa no conoce, en tiempo real, para cuanto tiempo le alcanza el inventario existente de MP. |
| | | La empresa no ha determinado la cantidad optima de compra de MP |

Cuadro No. 6. Continuación. Análisis de causas paradas de planta por faltante de materias primas.

| EFECTO | CAUSA | ANALISIS DE CAUSA |
|---|--|---|
| PARADAS DE PLANTA POR FALTANTE DE MATERIA PRIMA. | Falta de proveedores secundarios. | No existe una formulación paralela para la fabricación de un producto determinado, por lo cual no se contemplan MP sustitutas. |
| | | Se requiere de estudios previos de laboratorio que permita la aceptación de sustitución de MP. |
| | | No se cuenta con un procedimiento para la recepción y posterior análisis de las muestras enviadas por los proveedores para las distintas formulaciones de producto. |

7.2.2. Diagrama Causa–efecto. Bajo aprovechamiento o uso de la capacidad instalada disponible.

Figura 5. Diagrama causa-efecto bajo aprovechamiento de la capacidad instalada



Una vez realizado el diagrama causa-efecto clasificando las causas en cuatro aspectos, se procedió a identificar las causas que pueden ser intervenidas por este proyecto desde el área de producción, para las cuales se plantea el siguiente análisis:

Se encontró que existen 3 causas básicas que pueden ser intervenidas con el fin de intervenir el bajo aprovechamiento de capacidad instalada.

Cuadro No. 7. Análisis de causas bajo aprovechamiento de la capacidad instalada.

| EFEECTO | CAUSA | ANALISIS DE CAUSA |
|---|--|--|
| BAJO APROVECHAMIENTO DE CAPACIDAD INSTALADA. | Medición de la capacidad instalada en las líneas de producción. | La empresa desconoce la capacidad de producción de la mano de obra. |
| | | La empresa desconoce la capacidad real de los equipos de producción. |
| | Carece de fichas técnicas de los equipos. | La maquinaria carece de hoja de vida de equipo, donde este expresada su capacidad de trabajo tipo de mantenimiento, consumibles etc. |
| | | Se desconoce el tipo de repuestos de los equipos (kit básico) si se llega a presentar un daño en uno de ellos. |

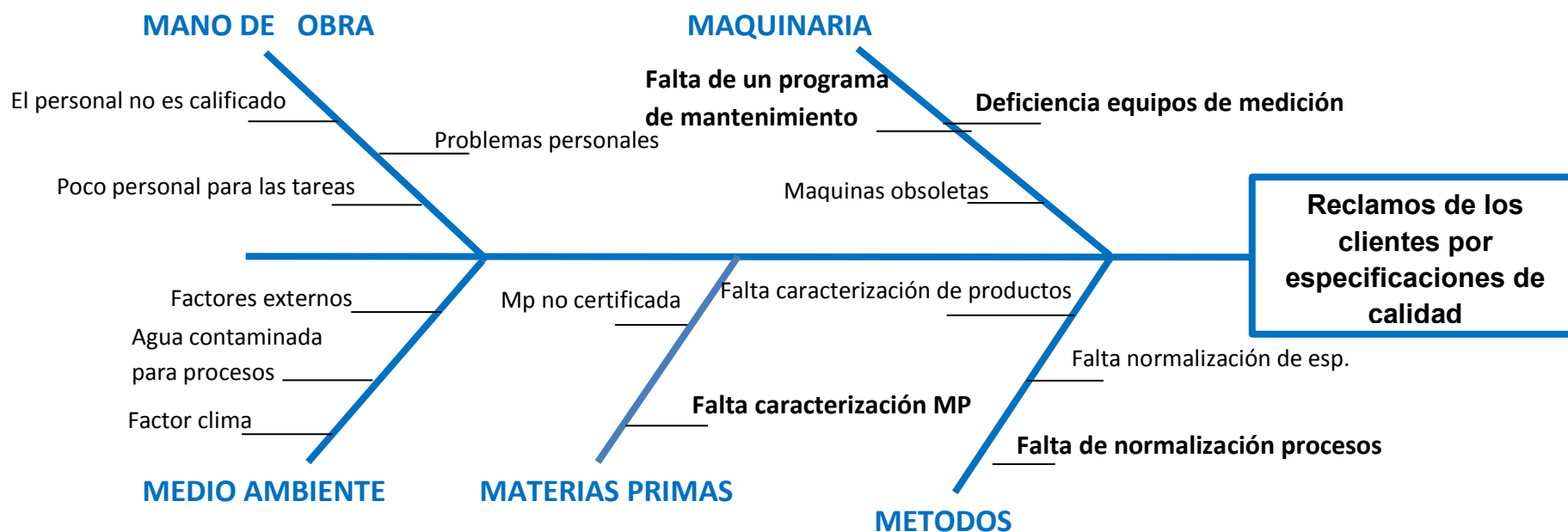
Cuadro No. 8. Continuación Análisis de causas bajo aprovechamiento de la capacidad instalada.

| EFEECTO | CAUSA | ANALISIS DE CAUSA |
|---|---|--|
| BAJO APROVECHAMIENTO DE CAPACIDAD INSTALADA. | Falta de medición de la productividad. | La capacidad de los equipos no ha sido calculada. |
| | | La capacidad de las líneas de producción de masillas y resinas no ha sido calculada. |
| | | Carencia de balance de las líneas de producción para minimizar cuellos de botella. |

En esta segunda etapa de la metodología de investigación se realiza el análisis de la información para determinar las causas y posteriormente se planean las posibles soluciones y se ejecutan en la última etapa de desarrollo del proyecto, por lo cual se tomarán los tiempos y se calculará la capacidad de producción de la línea de masillas (producto líder).

7.2.3. Diagrama Causa–efecto. Reclamos de los clientes por incumplimiento de especificaciones de calidad.

Figura 6. Diagrama causa-efecto reclamos de los clientes



Una vez realizado el diagrama causa-efecto clasificando las causas en cuatros aspectos, se procedió a identificar las causas que pueden ser intervenidas por este proyecto desde el área de producción, para las cuales se plantea el siguiente análisis:

Se encontró que existen 4 causas básicas que pueden ser intervenidas y minimizar los reclamos de los clientes.

Cuadro No. 9. Reclamo de los clientes por falta de las especificaciones de calidad.

| EFEECTO | CAUSA | ANALISIS DE CAUSA |
|---|---|--|
| RECLAMOS DE LOS CLIENTES POR INCUMPLIMIENTO O DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD | Carencia de método definido para la producción | El método de fabricación y las especificaciones calidad en los productos es deficiente. |
| | | El personal encargado del aseguramiento de las especificaciones de calidad no está calificado para esta tarea. |
| | | No existe un método para la recepción de reclamos que permita identificar los reclamos más frecuentes, ni existe un procedimiento que permita darles solución a tiempo. |
| | Falta de un plan de mantenimiento preventivo | No existe un chequeo de equipos previo a la iniciación del proceso que asegure el buen funcionamiento de los mismos. |
| | | No se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y predictivo que garantice el funcionamiento óptimo de los equipos y por ende garanticen las especificaciones de calidad del proceso. |

Cuadro No. 10. Continuación. Reclamo de los clientes por falta de las especificaciones de calidad.

| EFEECTO | CAUSA | ANALISIS DE CAUSA |
|--|--|---|
| RECLAMOS DE LOS CLIENTES POR INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACION ES DE CALIDAD | Carencia de un equipo tecnológico para producción y laboratorio que permita garantizar las especificaciones de calidad | Inexistencia de equipos tecnológicos como picnómetros, viscosímetros, entre otros que permitan la medición objetiva de condiciones fisicoquímicas del producto terminado y de la MP |
| | | Los equipos de medición con que cuenta el laboratorio no están en el mejor estado. |
| | | No existe un método que permita la recepción y posterior manejo de las quejas y reclamos de los clientes. |
| | | Los equipos de producción son de fabricación artesanal por lo cual no se tiene parámetros |
| | Falta de caracterización de la materia prima | Las materias primas requieren de un almacenamiento especial que garantice la estabilidad de las condiciones fisicoquímicas. |

7.3. PLANIFICACIÓN DE ACCIONES DE MEJORA

Continuando con la metodología planteada, el siguiente paso es la planificación de las acciones de mejora en un corto, mediano y largo plazo, para alcanzar el objetivo general de este proyecto, Proponer un plan de mejoramiento que permita el aumento de la productividad, rentabilidad y competitividad de la empresa a partir del análisis de las causas que generan los problemas en la producción de masillas y resinas.

Para el desarrollo del tercer paso de la metodología Capdo, se utilizó como herramienta una matriz de planeación donde se plasma el problema, las diferentes causas, las soluciones por causa, el indicador, el plazo para la implementación y el responsable de la acción de mejora.

Realizar propuestas de mejoramiento es una de las actividades más complicadas del proceso de mejoramiento continuo de una compañía ya que requiere de gran ingenio y mente abierta. Durante la etapa de diagnóstico se busca levantar la información sin emitir juicios de valor que sesguen las acciones de mejora a plantear. En esta etapa del proyecto, es necesario que la imaginación y la creatividad trabajen con un objetivo específico, diseñar mejoras que apunten a los objetivos del proyecto.

Pretendiendo proponer oportunidades de mejoramiento que apunten a los objetivos planteados para el desarrollo de esta investigación y basados en el diagnóstico, de esta manera se proponen tres tipos de mejoras:

- Mejoras a corto plazo: Este tipo de mejoras se definen para un periodo de implementación de tres meses, teniendo en cuenta que el grado de dificultad y dedicación necesarias no son altos.
- Mejoras a mediano plazo: Estas mejoras se definen para un periodo de implementación de seis meses a un año, teniendo en cuenta que el grado de dificultad y dedicación necesarios son más altos y que se requiere mayor utilización de recursos tanto económicos y tecnológicos, como humano.
- Mejoras a largo plazo: Este tipo de mejoras se definen para un periodo de implementación de uno a tres años, teniendo en cuenta que el grado de dificultad y dedicación necesarias es alto y requiere de mayor utilización de recursos económicos, de tecnología y capital humano.

Cuadro No. 11. Plan de mejora para minimizar las paradas de planta por faltante de materias primas.

| CAUSA RAIZ | SOLUCION | INDICADOR | PLAZO | | | RESPONSABLE |
|---|---|--|-------|---------|-------|---|
| | | | CORTO | MEDIANO | LARGO | |
| 1. Ausencia de pronósticos para determinar la demanda | Realizar un pronóstico para la demanda del producto principal tipo A identificado a través del diagrama de Pareto | Establecimiento del método de pronóstico | X | | | Pasante de ingeniería Industrial |
| | Realizar un pronóstico para la demanda del producto tipo B identificado a través del diagrama de Pareto | | | X | | Jefe de producción |
| | Realizar un pronóstico para la demanda del producto tipo C identificado a través del diagrama de Pareto | | | | X | Jefe de producción |
| 2. Carece de implementación de un modelo de control de inventarios. | Implementar un modelo de control del inventario para la materia prima principal del producto tipo A | Establecer un modelo de control de inventarios y probarlo como plan piloto | X | | | Pasante de ingeniería Industrial |
| | Implementar un modelo de control del inventario para la segunda y tercera materia prima más usada. | | | X | | Almacenista |
| | Implementar un modelo de control del inventario para el resto de materias primas. | | | | X | Almacenista |
| | Crear el cargo de almacenista para el efectivo control de inventarios de MP que maneje el módulo de inventarios de SIIGO | Levantamiento del perfil de cargo y selección | | X | | Gerencia de talento humano |
| 3. Falta de proveedores secundarios. | Crear un equipo interdisciplinario para realizar investigación y desarrollo de nuevas formulaciones de productos a partir de MP de especificaciones técnicas similares para no comprometer la calidad del producto terminado. | Destinar recurso (humanos y económico) para realizar I+D | | | X | Jefe de compras Aux. Laboratorio. Ing. Químico. Jefe de Producción |

Cuadro No. 12. Plan de mejora para el aprovechamiento de la capacidad instalada.

| CAUSA RAZ | SOLUCION | INDICADOR | PLAZO | | | RESPONSABLE |
|--|---|--|-------|---------|-------|----------------------------------|
| | | | CORTO | MEDIANO | LARGO | |
| 4. Medición de la capacidad instalada en las líneas de producción. | Calcular la capacidad instalada de la línea de producción del producto tipo A identificado a través del diagrama de Pareto | Establecer el porcentaje de utilización de la capacidad instalada de la línea de producto tipo A | X | | | Pasante de Ingeniería Industrial |
| | Calcular la capacidad instalada de la línea de producción del producto tipo B identificado a través del diagrama de Pareto | Establecer el porcentaje de utilización de la capacidad instalada de las de producto tipo B y C. | | X | | Jefe de producción |
| | Calcular la capacidad instalada de la línea de producción del producto tipo C identificado a través del diagrama de Pareto | | | | X | Jefe de producción |
| 5. Carece de fichas técnicas de los equipos. | Levantar hoja de vida de todos los equipos, que contenga especificaciones técnicas, ciclo de mantenimiento, seguimiento de mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos con costos | Cantidad de hojas de vida de equipo/ total de equipos | | X | | Auxiliar de mantenimiento |
| 6. Falta de medición productividad Implementación método de mejora | Establecer el nivel de productividad inicial de la planta de resinas y analizar si es posible aplicar una estrategia de optimización de los recursos para incrementar la productividad | Medición de productividad inicial de la planta de resinas y medición final posterior a la ejecución del plan de acción | X | | | Pasante de Ingeniería Industrial |

Cuadro No. 13. Plan de mejora para minimizar el reclamo de los clientes por falta de especificación de calidad.

| CAUSA RAZ | SOLUCION | INDICADOR | PLAZO | | | RESPONSABLE |
|--|---|--|-------|---------|-------|--|
| | | | CORTO | MEDIANO | LARGO | |
| 7. Carencia de método definido para la producción | Crear un método para el proceso de producción de resinas que incluya diagramas de proceso, análisis de tiempos y movimientos y diagrama de flujo. | Levantamiento de proceso de producción de resinas | | X | | Jefe de producción |
| | Normalización de los proceso de producción, previendo una certificación de calidad | Certificación de calidad | | | X | Jefe de producción |
| 8. Falta de un plan de mantenimiento preventivo | Establecer un plan de mantenimiento preventivo y predictivo anual para la planta de resinas | Estructuración del plan de mantenimiento. | | X | | Auxiliar de mantenimiento. Jefe de Producción |
| | Establecer un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para las líneas de masillas y pinturas | | | | X | Auxiliar de mantenimiento. Jefe de Producción |
| 9. Carencia de un equipo tecnológico para producción y laboratorio que permita garantizar las especificaciones de calidad. | Adquisición de equipo tecnológico para la tecnificación del proceso de producción y para el análisis de calidad de producto terminado y MP: | Pliego de licitación | | X | | Gerencia General. Auxiliar de laboratorio. Jefe de producción. |
| 10. Falta de caracterización de la materia prima | Caracterizar la materia prima principal del producto Tipo A (la más usada) | Establecer los criterios básico de caracterización de MP | X | | | Pasante de Ingeniería Industrial |
| | Caracterizar el resto de las materias primas | Cant. MP caracterizada/ Cant. De MP | | X | | Aux. Laboratorio. |

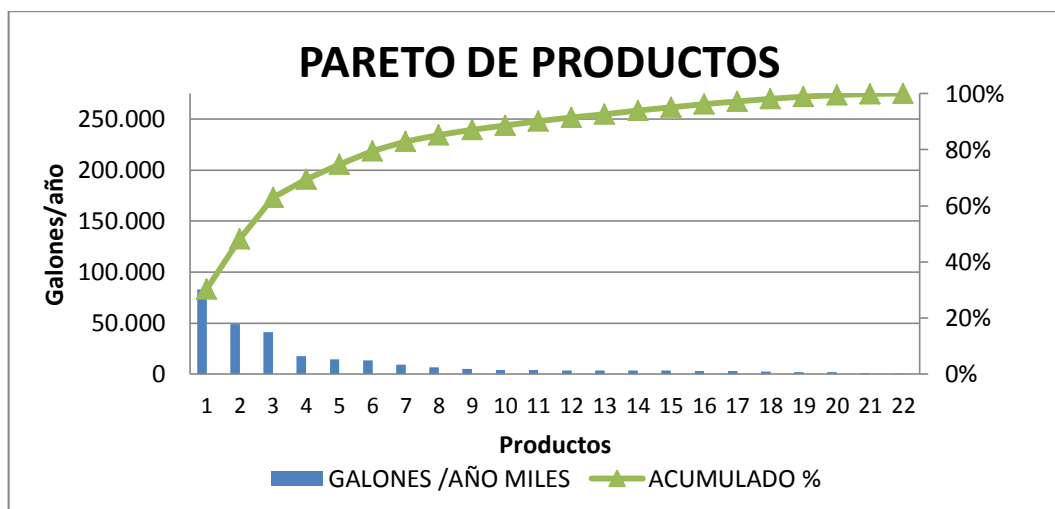
7.4. HACER. IMPLEMENTACIÓN DE PLANES DE MEJORA A CORTO PLAZO.

7.4.1. Minimizar las paradas de planta por faltante de materias primas. Para el desarrollo de la última fase de la investigación y siguiendo la metodología Capdo, se consolidó la información de paradas de línea por faltantes de materia prima durante el intervalo de tiempo comprendido entre julio de 2011 y junio de 2012. Durante este periodo la información arrojada sobre las paradas de línea detectó un total de 23 (ver anexo F pág. 117), de las cuales 3 fueron de un intervalo de tiempo superior a un día laboral y las restantes entre 3 horas y menos de un día. Estas paradas le están generando a la empresa, pérdidas no calculadas.

La razón de mayor importancia que ocasionó las paradas fue el faltante de materias primas, sin embargo esta razón está asociada a la ausencia de pronósticos de la demanda de producto terminado y como consecuencia la falta de criterio objetivo para la requisición de materias primas. El proyecto plantea la realización del pronóstico para la demanda al producto tipo A arrojado a través del diagrama de Pareto.

7.4.1.1. Pareto para los productos terminados

Figura No.7. Gráfico Pareto para los productos terminados.



Como se aprecia en la gráfica, los productos tipo A que muestra el Pareto son tres, éstos manejan el 63% de las ventas totales de la empresa razón suficiente peso para centrar la atención en ellos. Según la información arrojada por el diagrama de Pareto, de los tres productos Tipo A el de mayor demanda es la masilla 34-1 con un porcentaje de las ventas totales de la compañía de 30.2%, cifra considerable para elegir este producto como objeto de estudio para la elaboración del pronóstico de la demanda. (Ver anexo D pág. 115).

El objetivo de aplicar la herramienta de pronóstico de la demanda a este producto líder es estimar la cantidad de materia prima necesaria para la fabricación del mismo, permitiendo la requisición oportuna de las materias primas y como tal una producción continua.

7.4.1.2. Pronóstico de la demanda de producto (masilla 34-1). Método estacional con regresión lineal. El proceso de selección de un método para hacer el cálculo de un pronóstico requiere la aplicación de algunos pasos a saber. Se inicia con Graficar de los datos en un plano cartesiano, se continúa con la observación e identificación de tendencias, ciclos, picos estacionales, correlación propia y aleatoria y la aplicación de la técnica de simulación con algunos de los métodos considerados como más apropiados de acuerdo a los datos observados en el proyecto. La selección del método de pronóstico se hace considerando los valores obtenidos en parámetros como la desviación media absoluta, la desviación estándar, el mape y la señal de rastreo, teniendo en cuenta que las cifras de los parámetros se encuentran dentro de valores típicos considerados buenos.

Para el desarrollo del proyecto se selecciona el método de la demanda estacional con regresión lineal debido a que los datos encontrados cumplen con características como:

- Datos históricos abundantes (tercer trimestre 2009 hasta segundo trimestre 2012 VER ANEXO E pág. 116), facilita la aplicación de la técnica de simulación y se aprecian resultados muy satisfactorios.
- En la graficación de los datos se presentan picos estacionales con amplitud levemente creciente en ciertos periodos de tiempo conocidos (3, 7 ,11) que corresponden al primer trimestre de cada año considerado.
- Se observa también una demanda con tendencia gradualmente ascendente durante los tres años estudiados.

- Los valores obtenidos en los parámetros usando la simulación planteada muestran un acierto grande en el uso del modelo seleccionado.

Como se mencionó anteriormente la graficación de los datos durante los tres años nos muestran una demanda con tendencia levemente ascendente, unos picos estacionales con amplitud creciente en los primeros trimestres de cada año y unos datos con comportamiento errático. Por tales motivos se considera conveniente observar y evaluar los datos graficando año por año la demanda de la masilla 34-1 con el fin de tener otra óptica y criterios de evaluación de los datos de la demanda.

Figura No.8. Gráfica Demanda real masilla 34-1. En 12 trimestres

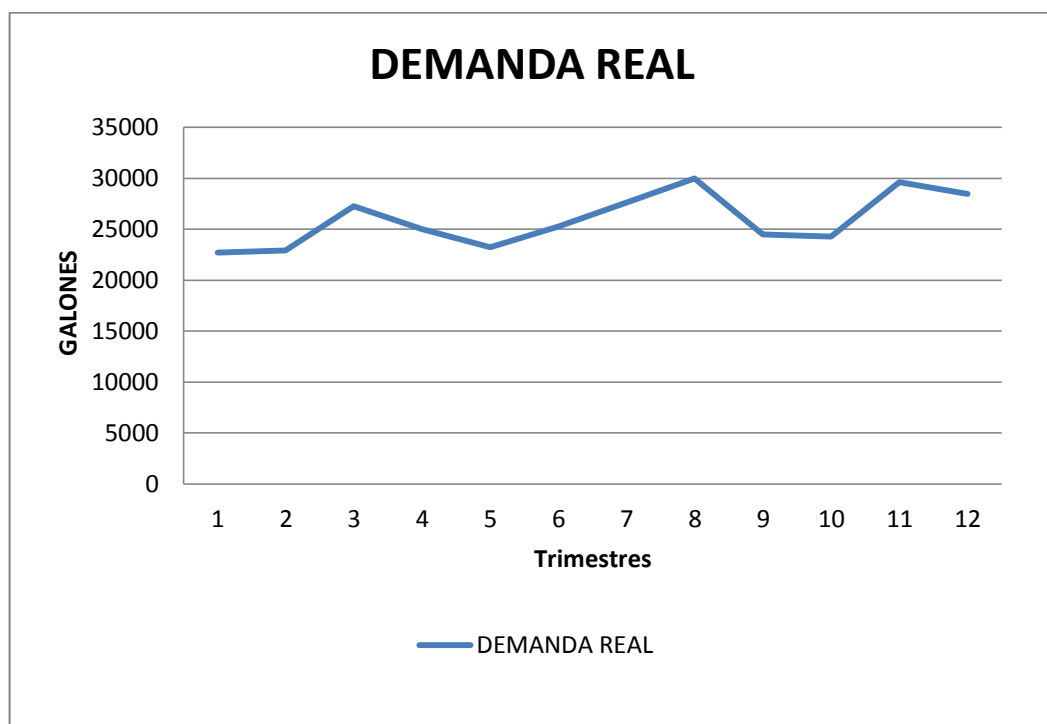


Figura No.9. Gráfica Demanda real masilla 34-1 año 2009 periodo (julio-diciembre)

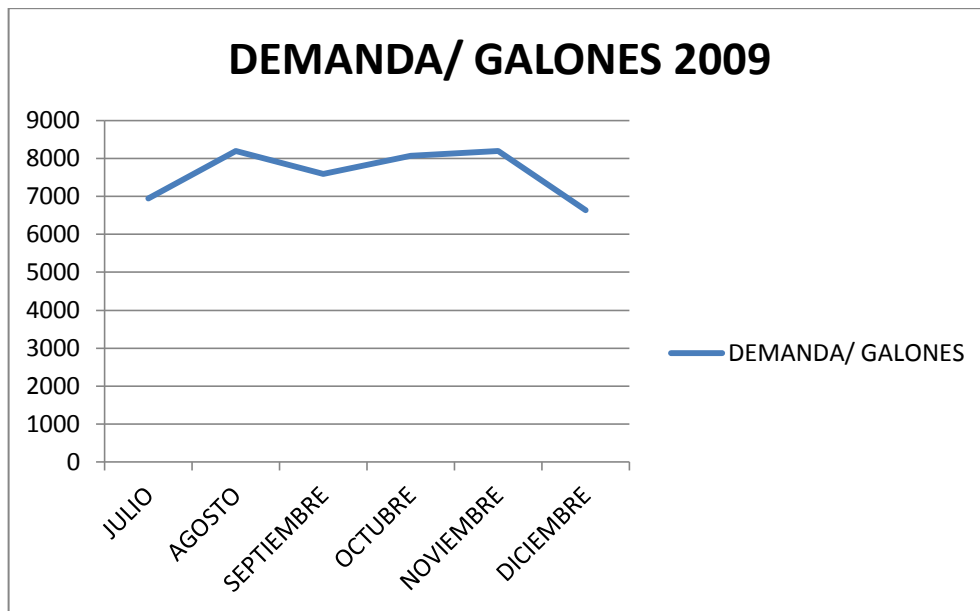


Figura No.10. Gráfica Demanda real masilla 34-1 año 2010

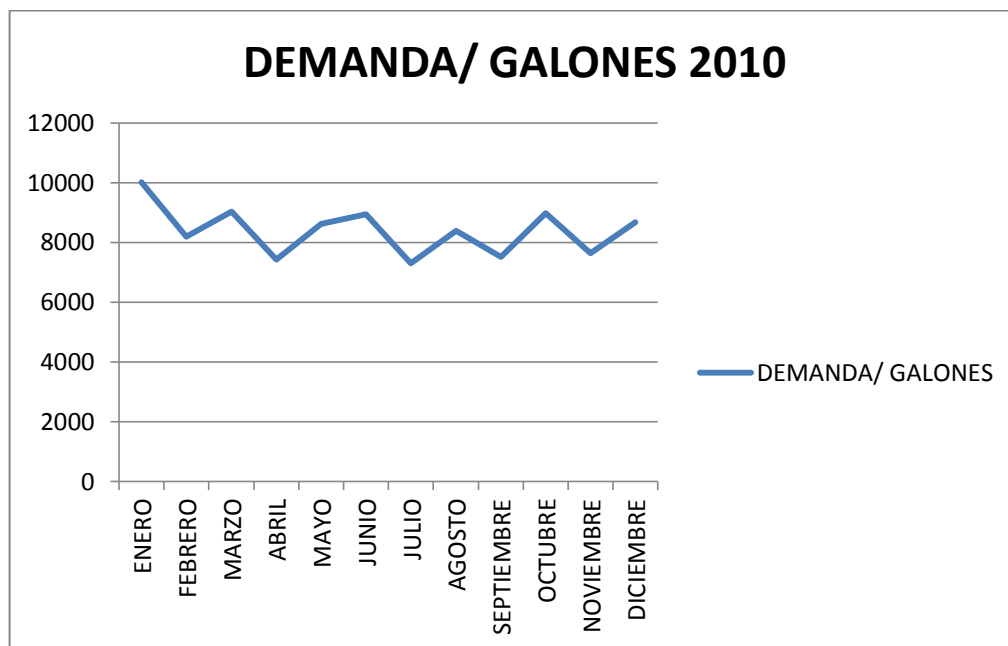


Figura No.11. Gráfica Demanda real masilla 34-1 año 2011

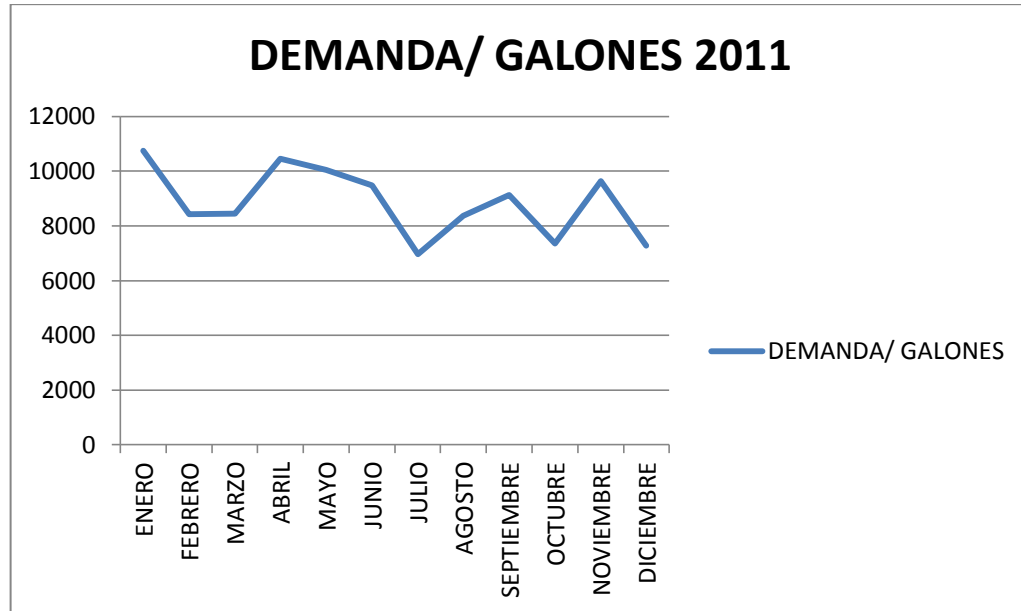
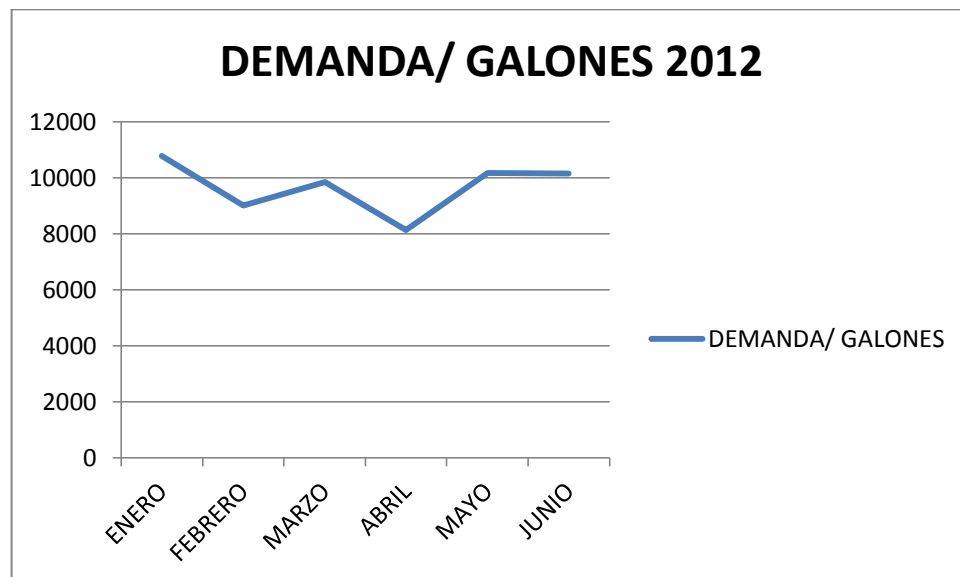


Figura No.12. Gráfica Demanda real masilla 34-1 año 2012



Al observar el comportamiento de la demanda año a año se puede interpretar que el mes de mayor demanda durante los años observados es el mes de enero, por tal razón al graficar por trimestres se presentan picos en el trimestre (3, 7, 11) que corresponden al mes de enero debido a que los datos históricos inician desde julio de 2009. Observando la gráfica del 2010 se aprecia dos tendencias una descendente en el primer semestre y una ascendente en el segundo semestre, la tendencia de los datos del segundo año 2011 con respecto al primer año 2010 es creciente, por lo cual se puede afirmar que se trata de una tendencia cíclica ascendente con variaciones irregulares, lo que corresponde a productos de tipo estacional cuyo consumo se genera en un lapso de tiempo identificado (el mes de Enero). Igual situación se presenta en el año 2012 en donde sí se redondean la unión de los puntos se aprecian casi un comportamiento cíclico. También se puede indicar que la demanda promedio en cada año se está incrementando, lo que causa un efecto de tendencia creciente en todos los periodos evaluados.

Las razones por las cuales la demanda en el mes de enero de cada año es elevada puede estar asociado a dos circunstancias, la primera, está asociada a que Industrias Macar no distribuye al detal solo a grandes distribuidores del país y la segunda circunstancia, a que la empresa tiene un cese de actividades desde la tercera semana de diciembre hasta la primera semana de enero lo cual genera desabastecimiento en los distribuidores directos del producto, ya que la masilla al ser un producto utilizado en la industrias automotriz, de la madera y la metalistería, es muy demandado en la temporada decembrina.

Una vez calculado el pronóstico de la demanda del producto, se pretende validar la efectividad del método de pronóstico estacional con regresión lineal a través de la modelación de los datos para el tercero y cuarto trimestre del año 2012, comparándolos con la demanda real de los mismos trimestres.

Cuadro No. 14. Pronóstico de la demanda producto (masilla 34-1) Método estacional con regresión lineal.

| | TRIMESTRES X | DEMANDA REAL/ GALONES | PROMEDIO ESTACIONAL | FACTOR ESTACIONAL | DEMANDA DESESTACIONALIZADA yd | x^2 | $X*Y$ | Pronóstico con regresión lineal $Y = a + b x$ | Pronóstico final por regresión y con factor estacional | Error Total | Error Total Absoluto | Error porcentual absoluto Mape |
|-----------|-----------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------|------------|---|---|-------------|-------------------------|---|
| 2009-3 | 1 | 22728 | 23469,7 | 0,906 | 25086,3 | 1 | 25086,29 | 24.550 | 22.241,9 | 486,1 | 486 | 2,14 |
| 2009-4 | 2 | 22913 | 24163,0 | 0,933 | 24564,8 | 4 | 49129,61 | 24.796 | 23.128,8 | (215,8) | 216 | 0,94 |
| 2010-1 | 3 | 27250 | 28170,0 | 1,087 | 25058,9 | 9 | 75176,68 | 25.043 | 27.232,2 | 17,8 | 18 | 0,07 |
| 2010-2 | 4 | 25002 | 27817,0 | 1,074 | 23283,4 | 16 | 93133,66 | 25.289 | 27.155,6 | (2.153,6) | 2.154 | 8,61 |
| 2010-3 | 5 | 23217 | 23469,7 | 0,906 | 25626,0 | 25 | 128130,16 | 25.535 | 23.134,8 | 82,2 | 82 | 0,35 |
| 2010-4 | 6 | 25289 | 24163,0 | 0,933 | 27112,1 | 36 | 162672,54 | 25.782 | 24.048,1 | 1.240,9 | 1.241 | 4,91 |
| 2011-1 | 7 | 27630 | 28170,0 | 1,087 | 25408,3 | 49 | 177858,36 | 26.028 | 28.304,0 | (674,0) | 674 | 2,44 |
| 2011-2 | 8 | 29978 | 27817,0 | 1,074 | 27917,4 | 64 | 223338,99 | 26.275 | 28.213,9 | 1.764,1 | 1.764 | 5,88 |
| 2011-3 | 9 | 24464 | 23469,7 | 0,906 | 27002,4 | 81 | 243021,81 | 26.521 | 24.027,7 | 436,3 | 436 | 1,78 |
| 2011-4 | 10 | 24287 | 24163,0 | 0,933 | 26037,9 | 100 | 260378,56 | 26.767 | 24.967,4 | (680,4) | 680 | 2,80 |
| 2012-1 | 11 | 29630 | 28170,0 | 1,087 | 27247,5 | 121 | 299722,74 | 27.014 | 29.375,7 | 254,3 | 254 | 0,86 |
| 2012-2 | 12 | 28471 | 27817,0 | 1,074 | 26514,0 | 144 | 318167,,54 | 27.260 | 29.272,2 | (801,2) | 801 | 2,81 |
| TOTALES | 78 | 310859 | 310859 | 12 | 310859,0 | 650,0 | 2055816,9 | | | -243,2 | 8806,5 | 33,6 |
| PROMEDIOS | 6,5 | 25904,9 | | | 25904,9 | 54,2 | | | | -20,3 | 733,9 | 2,80 |
| | | | | | | | | | | | | |

Calculo de pronóstico

$$\begin{aligned}\sum x y &= 2055816,9 \\ n &= 12 \\ x_{\text{prom}} * y_{\text{prom}} &= 6,5 * 25904,9 \\ &= 168381,9 \\ \sum x^2 &= 650 \\ x_{\text{prom}}^2 &= (6,5)^2 = 42,25\end{aligned}$$

PARA HALLAR b

$$\begin{aligned}b &= (\sum x * y - n * x_{\text{prom}} * y_{\text{prom}}) / \sum x^2 - n * x_{\text{prom}}^2 \\ b &= 2055816,9 - 12 * 6,5 * 25904,9 / 650 - 12 * 42,25 \\ b &= 2055816,9 - 2020582,2 / 650 - 507 \\ b &= 35234,7 / 143 = \\ \mathbf{b} &= \mathbf{246,39}\end{aligned}$$

PARA HALLAR a

$$\begin{aligned}a &= Y_{\text{prom}} - b * x_{\text{prom}} \\ a &= 25904,9 - 246,39 * 6,5 \\ \mathbf{a} &= \mathbf{24303,38}\end{aligned}$$

Luego la ecuación queda:

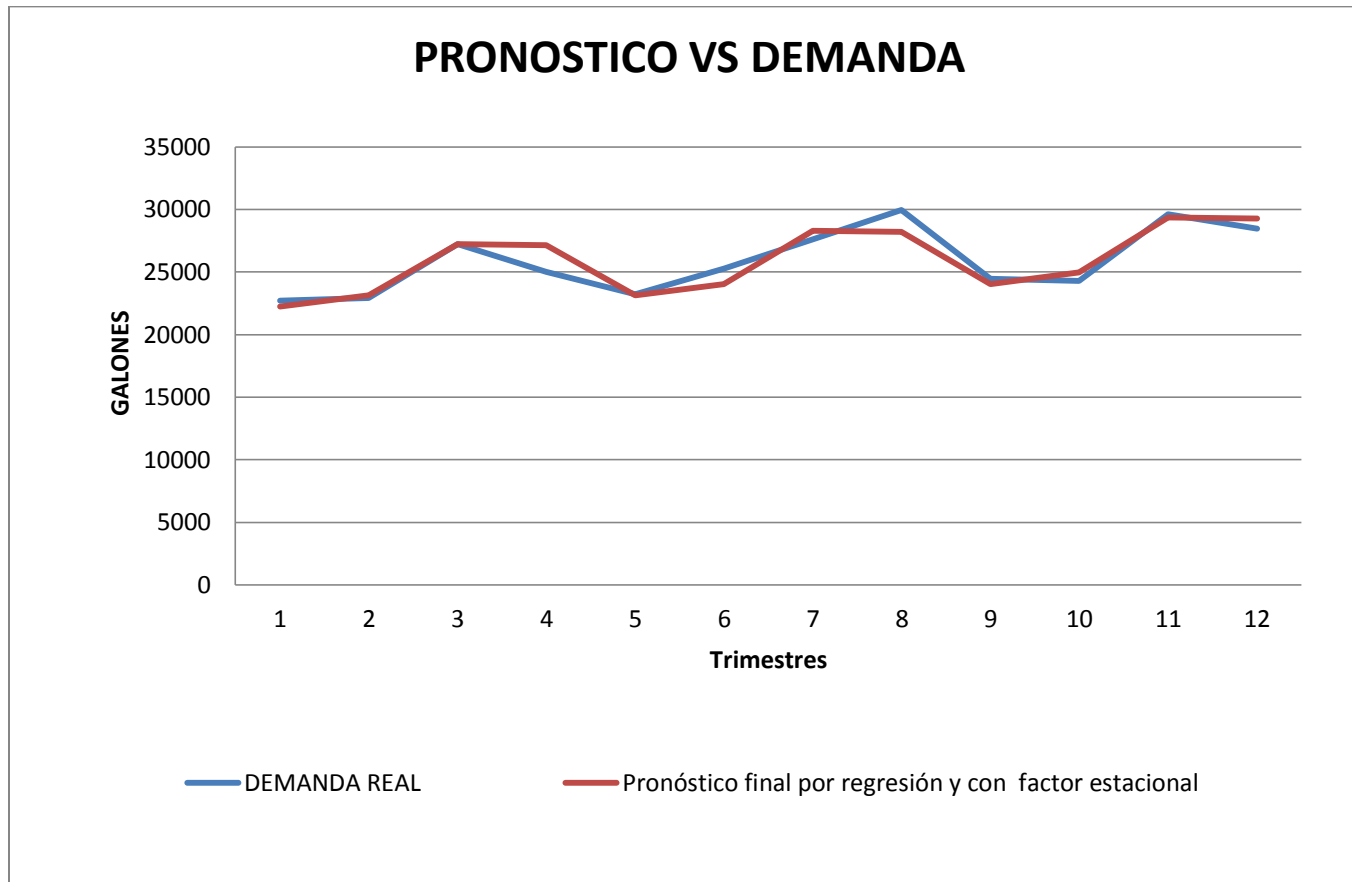
$$Y = 24303,4 + 246,39 X$$

Calculo de la señal de rastreo

$$\begin{aligned}st &= \sum \text{error total} / \text{prom error total absoluto} \\ st &= -243,2 / 733,9 \\ st &= -0,33\end{aligned}$$

El cálculo de la señal de rastreo ($St = -0.33$) indica que el pronóstico está por encima de la demanda con una variación porcentual muy baja y al estar por debajo de 3 permite concluir que es un modelo de pronóstico que sigue la demanda en forma sistemática y rigurosa.

Figura No.13. Gráfica Pronostico de demanda masilla 34-1. Regresión lineal con factor estacional.



El pronóstico hallado a través de la modelación de los datos muestra un error porcentual absoluto (mape) de 2.80 lo que indica un error promedio muy bajo significando un pronóstico muy acertado, este resultado le permite a la empresa confiar en la proyección de la demanda para los próximos trimestres. Otro resultado que permite la confiabilidad del método es la señal de rastreo, pues su valor es significativamente muy bajo y negativo lo que indica que el pronóstico sigue los cambios de tendencia de los valores reales y además presenta valores muy cercanos a la realidad.

7.4.1.3. Aplicación y análisis del pronóstico de la demanda de producto (masilla 34-1). De acuerdo a la formula obtenida del pronóstico de regresión lineal se prosigue con la aplicación de este para los trimestres 2012- 3 y 2012 – 4 con el objetivo de validar el método con los datos reales de demanda de estos periodos.

Cuadro No. 15. Pronóstico de la demanda producto (masilla 34-1) Método estacional con regresión lineal 3° y 4° trimestre de 2012.

| TRIMESTRES X | DEMANDA REAL | FACTOR ESTACIONAL | Pronóstico con regresión lineal $Y = a + bx$ | Pronóstico final por regresión y con factor estacional | Error total | Error Total Absoluto | Error porcentual absoluto Mape |
|-----------------|-----------------|----------------------|--|---|-------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 2012-3 | 29389 | 0,906 | 27506,45 | 24920,8 | 4468,2 | 510,5 | 1,737 |
| 2012-4 | 28962 | 0,933 | 27752,84 | 25893,4 | 3068,6 | 844,6 | 2,916 |
| Total | | | | | 7536,8 | 1355,1 | 4,653 |
| Prom | | | | | | 677,6 | 2,327 |

Según los hallazgos del pronóstico en el tercer y cuarto trimestre del año 2012, se puede concluir que el error del pronóstico fue 2.3 para estos periodos, presentando un comportamiento similar al de la demanda, lo que le permite a la empresa tener un alto nivel de confiabilidad de los datos para prever la compra de materias primas y disminuir las paradas de planta de producción por falta de materias primas.

7.4.2. Implementar un modelo de control del inventario para la materia prima principal del producto tipo A. Con el fin de minimizar las paradas de línea por faltante de materia prima, se estructuró un plan de mejoramiento basado en un modelo de control de inventarios, para efecto de este proyecto el modelo se implementó en la materia prima de mayor importancia del producto líder al cual se le estableció un pronóstico de la demanda. Los criterios utilizados para la elección

de la materia prima fueron entre otros el tiempo de entrega (lead time) es largo, el volumen de consumo es alto y la poca oferta.

El modelo de control de inventarios es una herramienta estratégica que contribuye al mejoramiento de la competitividad de la empresa en la medida en que calcula el inventario de seguridad, el punto de reorden, el tamaño del lote ideal de compra, disminuyendo los sobrecostos de almacenamiento de materias primas o las pérdidas por paradas de las líneas de producción.

El producto seleccionado es el anhídrido ftálico, para tomar la decisión de qué tipo de modelo de inventario se va a usar se procede con la tabulación y Graficación de los datos de consumo de la materia prima durante un año (anhídrido ftálico) con el fin de calcular el coeficiente de variación, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad para validar la selección del modelo.

Coeficiente de variación = CV

Desviación Estándar = 4043,7

Demanda promedio = 28458

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{\text{Desv. estándar}}{\text{demanda promedio}} = \frac{4043,7}{28458} = 0,1421 = 14,21\%$$

Coeficiente de variabilidad = VC

Varianza de demanda = Σ cuadrados de demanda = 9.914.740.522

1,16622*E11

Sumatoria de la demanda elevada al cuadrado (341.500)² =

Nº de periodos = 12

Coeficiente de variabilidad = $(\text{nº periodos} \cdot \text{varianza} / \Sigma (\text{Demanda})^2) - 1$

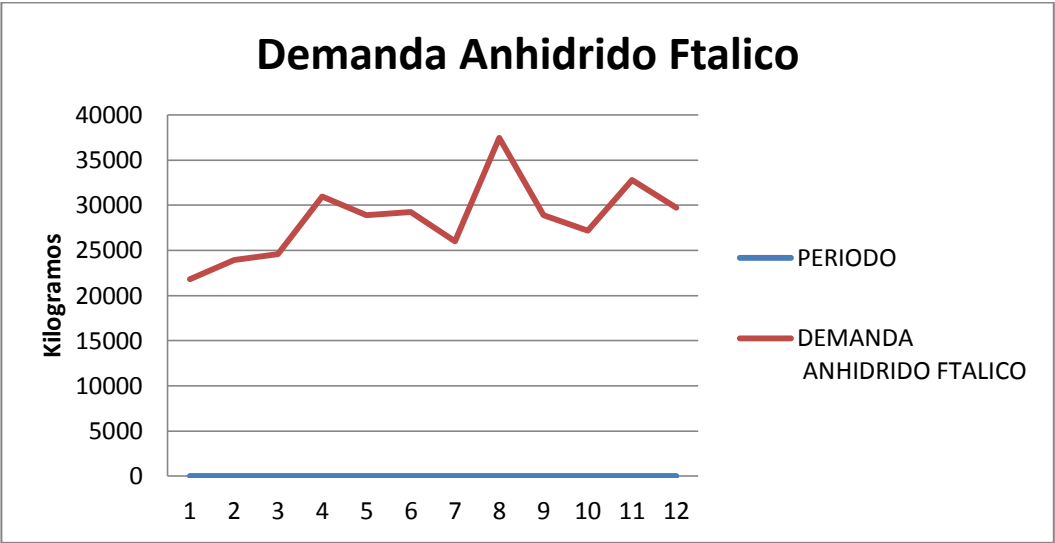
$$VC = (12 \cdot (9.914.740.522) / (341.500)^2) - 1 \quad VC = 1,020$$

$$VC = 1,020 - 1 = VC = 0,0202 \quad VC = 2.02\%$$

Cuadro No. 16. Consumo mensual de anhídrido Ftálico para cálculo del coeficiente de variación.

| PERIODO | DEMANDA ANHIDRIDO FTALICO | CUADRADO DE DEMANDA | DESVIACIÓN = DEMANDA - PROMEDIO DEMANDA | DESVIACIÓN AL CUADRADO | |
|----------|---------------------------|---------------------|---|------------------------|---------------------|
| 1 | 21.783 | 474.499.089 | -6.675 | 44.560.075,1 | |
| 2 | 23963 | 574.225.369 | -4.495 | 20.208.021,8 | |
| 3 | 24608 | 605.553.664 | -3.850 | 14.825.066,8 | |
| 4 | 30985 | 960.070.225 | 2.527 | 6.384.044,4 | |
| 5 | 28882 | 834.169.924 | 424 | 179.493,4 | |
| 6 | 29239 | 854.919.121 | 781 | 609.440,4 | |
| 7 | 25982 | 675.064.324 | -2.476 | 6.132.226,8 | |
| 8 | 37463 | 1.403.476.369 | 9.005 | 81.084.021,8 | |
| 9 | 28874 | 833.707.876 | 416 | 172.778,8 | |
| 10 | 27205 | 740.112.025 | -1.253 | 1.570.844,4 | |
| 11 | 32810 | 1.076.496.100 | 4.352 | 18.937.002,8 | |
| 12 | 29706 | 882.446.436 | 1.248 | 1.556.672,1 | |
| SUMA | 341.500 | 9.914.740.522 | | 196.219.689 | |
| PROMEDIO | 28.458 | | | 16.351.641 | DESVIACIÓN ESTANDAR |
| | | | | | 4043,7 |

Figura No.14. Gráfica Demanda mensual de Anhídrido Ftálico



La selección del modelo EOQ para uso en el proyecto se sustenta en las suposiciones indicadas en el punto 6.10 y en otras características indicadas a continuación.

- El patrón de demanda del proyecto presenta variaciones en el tiempo (no es constante) sin embargo al calcular el coeficiente de variación CV, se aprecia que el valor de la variable está por debajo del 20 %, cifra que indica que los datos presentan una alta homogeneidad.
- Los costos por mantenimiento de inventario, preparación o por hacer pedidos son relativamente estables.
- La estrategia de fabricación y uso del producto es para mantener en inventario, pues el artículo tiene un uso en múltiples productos.
- El artículo tiene una demanda relativamente estable.
- Los cálculos de los parámetros del modelo, se realizan en forma similar a como se realiza el modelo básico con la variante en el cálculo de la cantidad económica en donde no se usa la demanda anual. se reemplaza por la demanda promedio mensual.

7.4.2.1. Modelo de control de inventario tipo Q. Para el manejo de los inventarios se ha decidido aplicar un sistema de revisión continua conocido a veces como sistema de punto de reorden o sistema de cantidad de pedido fijo, llevando el control del inventario remanente cada vez que se hace un retiro para determinar si ha llegado el momento de hacer un nuevo pedido. En cada revisión se toma una decisión acerca de la posición del inventario (IP) la posición del inventario mide la capacidad del artículo para satisfacer la demanda planeada, esto incluye las recepciones programadas (SR) que son pedidos realizados sin llegar más el inventario disponible (OH) menos los pedidos aplazados (BO), estos parámetros se organizan y conforma la siguiente ecuación.

$$IP = OH + SR - BO$$

El modelo de control se aplicó para la principal materia prima de la empresa siendo además la de mayor consumo (ver anexo C Pág. 113) pues interviene en la fabricación de las masillas y de otros muchos productos.

El control de inventario continuo Q es ideal para este caso porque permite tener una revisión continua.

- La demanda anual $D = 341.500$ kilos por año.
- La demanda promedio mensual = 28.458 kilos.
- La empresa labora 50 semanas por año, 6 días a la semana.
- Días laborados por año = 300 Días
- La demanda promedio diaria es $341.500 \text{ año} / 300 \text{ días} = 1138 \text{ Kg día.}$
- El tiempo de entrega o lead time $L = 68$ días.
- La tasa de mantener inventario $r = 24.74 \text{ \% anual o } 0.247 \$ / (\$ * \text{año})$
- La tasa de mantener inventario mensual = $24.74 / 12 = 2.06 \$ / (\$ * \text{mes})$
- Costo por kilogramo de Materia Prima $C_u = \$ 1580$ por kg
- Costo mantener en inventario mensual H
 $H = MP * r = 1580 \$ * 0.0206 \$ / (\$ * \text{mes}) = \$ 32.54$ por kg / mes.
- Costo de colocar una orden $S = \$ 104.550$ por cada orden.

La materia prima determinada para efectos de este proyecto, fue el Anhídrido Ftálico, de acuerdo a la información suministrada por el departamento de compras, este materia prima tiene un costo de \$1.580 kg, el Lead Time es de 68 días y la demanda actual es de 341.500 kg/año. El costo de poner una orden es de \$104.550 / orden y el costo de almacenamiento es de \$ 32.54 por unid/ mes.

Cuadro No. 17. Sustentación cálculo costo colocar una orden S.

| PROCESO | TIEMPO EN MINUTOS | PROCESO | TIEMPO EN MINUTOS |
|---|-------------------|----------------------------------|-------------------|
| Formular un pedido | 60' | Autorización de pedidos | 50 ' |
| Negociar pagos | 90' | Cotización con otros proveedores | 180' |
| Manejo facturas | 80' | Seguimiento entregas | 280' |
| Total tiempo en cotizar, colocar y seguimiento de un pedido | | | 12.3 horas. |

Salario con prestaciones funcionario responsable = \$ 1.632.000

Total horas mes 196. Costo de cotizar = $1.632000 * 12.3 / 192 = \$ 104.550.$

INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A ha calculado y viene trabajando con una tasa del costo de mantener el inventario de un 6% anual lo cual representa un valor de mantener en inventario de (\$7,9), por unidad mes, estos datos están determinados por el costo de almacenamiento, horas/hombre del operario del montacargas (en tiempo de uso del mismo), y el costo de oportunidad.

Para el desarrollo del proyecto se ha decidido ampliar la cantidad de parámetros a considerar para calcular la tasa de mantener inventario r . Se hace un enfoque técnico que incluye las variables más relevantes que impactan el valor del costo de almacenamiento. Los parámetros a considerar son, el costo de oportunidad CO, más los costos variables que se pagan por tener artículos a la mano, como los costos de manejo y almacenamiento CMA, los costos de las mermas CM, los costos de impuestos CI, y el costo de los seguros CS.

Los parámetros indicados y sus valores típicos se indican en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 18. Porcentaje de costos para el mantenimiento del inventario.

| PARAMETROS | VALORES TIPICOS | VALORES EN EL PROYECTO |
|---|-----------------|------------------------|
| Costos de oportunidad e interés | HASTA UN 82 % | 87 % |
| Costos de mermas por (obsolescencia, robos y deterioro de material) | HASTA UN 14 % | 2.2 % |
| Costos de manipulación y almacenamiento | HASTA UN 3,25% | 6,5 % |
| Costos de impuestos | HASTA UN 0,50% | 4,3 % |
| Costos de seguros y otros | HASTA UN 0,25% | 0,0% |

H = Costo mantener una unidad en inventario durante un año.

VIP = Valor del inventario promedio

CO = Costo de oportunidad

r = tasa de mantenimiento de inventario

Luego la ecuación que define r anual queda como:

$r = (A+B+C+D+E) / \text{valor inventario promedio.}$

$r \% = ((CO+CM+CMA+CI+CS) / VIP)*100.$

7.4.2.1.1. Costo de Oportunidad. Por lo general el costo de oportunidad es el componente más grande del costo por mantener en inventario, su valor depende del portafolio de capitalización particular de cada empresa, la tasa de rendimiento que se puede obtener como retorno, si el dinero usado en inventario se emplea en otras actividades como bonos, CDT y otros papeles del mercado, para el proyecto se ha seleccionado un costo de oportunidad del 20 % anual.

$CO = \text{Valor inventario promedio} * \text{tasa Rendimiento anual}.$

El valor promedio del inventario en la empresa se obtiene de los siguientes datos:

Inventario inicial = 20.000 kilos. Días laborados por mes 26

Consumo diario = 1138 kilos. Consumo mensual = 29588 kilos

Pedido llegado en el mes = 20.000 kilos. Inventario final = 10412 kilos.

Inventario promedio = $30.412/2 = 15206$ Kilos.

Valor inventario promedio VIP = $15206 * 1580 = \$ 24.025.480$

Luego $CO = 24.025.480 \$ * 0.20 \$ / (\$ * \text{año}) = \$ 4.805.096 / \text{año}$

7.4.2.1.2. Costo de mermas por obsolescencia, robos y productos malos.

Los tres parámetros indicados como mermas en el proyecto se comportan de la siguiente forma: Obsolescencia no se presenta por alta rotación del producto y fecha de vencimiento amplia (1 año). Robos no se han presentado por la seguridad del sitio de almacenamiento y la característica específica del producto que no es comercialmente útil en el libre mercado. Productos deteriorados o dañados se presentan en bajas cantidades, por su manejo sencillo, la calidad del empaque, por lo anterior en este ítem se estima un 0,5% como merma del valor promedio demanda año.

Demanda promedio mensual = 28458 kilos

$CM = 28458 * 0.005 = 142.29 \text{ Kilos} * 1580 = \$ 224.818$

7.4.2.1.3. Costo de manipulación y almacenamiento. El inventario ocupa espacio y tiene que ser acarreado para entrar o salir del almacén. Los costos de almacenamiento y manejo se causan debido a que la empresa paga un impuesto por el local de la empresa y el área de almacenamiento forma parte del área total. También se tiene un costo por almacenamiento debido a que el sitio debe ser protegido contra el sol, humedad excesiva y compatibilidad química con otras materias primas. La manipulación del material la desarrolla una persona que también labora en equipos por lo tanto el costo es cargado a varias áreas. Por lo anterior se considera que el costo de este concepto se estima en el 1,5 % del valor promedio demanda anual.

$$CMA = 28458 * 0.015 = 426.87 \text{ kilos} * 1580 = \$ 674.454$$

7.4.2.1.4. Costos de impuestos. En los regímenes contables del país se tiene estipulado el pago de impuestos, con los valores del inventario al final del año, considerando esta norma la empresa busca finalizar el año con una cantidad mínima de inventario, la suficiente para tener materia prima para iniciar labores mientras llega el primer pedido del año, el cual debe terminar en puerto además la empresa realiza cierre contable con los documentos hasta 16 de diciembre y también se aprovecha la circunstancia que la empresa no labora en las dos últimas semanas del año. Por la anterior razón en el estado contable de la empresa el pago del impuesto del producto en mención se estima con un 1.0 % del valor promedio del inventario.

$$CI = 15206 * 0.010 = 152 \text{ kilos} * \$ 1580 = \$ 240.160$$

7.4.2.1.5. Costos de seguros. En el caso de industrias Macar la empresa no cuenta con un seguro ni para las materias primas, ni para el producto terminado, pues ninguna empresa aseguradora ha asumido esta responsabilidad debido a que la empresa no tiene adecuada la zona de almacenamiento para el manejo de productos químicos, le faltan los sensores de humo, los sistema de regado de agua y polvo químico, en los sitios identificados. Por lo anterior este costo no se presenta en el proyecto.

Luego la tasa de costo de mantener en inventario es:

$$\%r = (4.805.096 + 224.818 + 674.454 + 240.160) / 24.025.480$$

$$\%r = (5.944.528/24.025.480)*100 = 24.74 \% \text{ anual}$$

$$\%r = 24.74/12 = 2,06 \% \text{ mensual.}$$

Luego el valor de valor de almacenamiento de inventario es.

$$H = MP * r = 1580 \$ / \text{kg} * 0.0206 \$ / (\$ * \text{mes}) = 32.54 \$ / \text{kg} * \text{mes}.$$

Una vez obtenida la información suficiente para realizar los cálculos para el control de inventarios se procede a calcular el Q óptimo, el punto de reorden (R), el número de pedidos por año y el tiempo entre pedidos aplicando las siguientes formulas:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad Q_{opt} = \sqrt{\frac{2(28.458 \text{ kg/mes} * (104.550 \$ / \text{orden}))}{\$1580 * 0.0206 / \$ (\text{mes})}}$$

$$Q_{opt} = 13.522 \text{ KG}$$

El Q optimo permite identificar el tamaño de lote ideal de compra, para este caso es de 13.522 kg lo que quiere decir que se debería importar lotes de este tamaño, pero por cuestiones logísticas de empaque, embarque, seguridad en manejo del producto, costos de transporte, documentación legal, manejo administrativo, se recomienda realizar compras en lotes de 20.00 kilos, usando el contenedor de 20 pies como unidad de empaque.

TBO = tiempo entre pedidos N = número de pedidos al año

$$\text{Nº de pedidos al año} = D / Q \text{ Óptima} = 341500 / 13.522 = 25 \text{ pedidos por año}$$

$$TBO = \frac{Q}{D} * 300 \quad TBO = \frac{13.522 \text{ kg}}{341.500 \text{ kg}} * 300(\text{dias}) = 11.8 \text{ días}$$

SE APROXIMA A 12 DIAS

$$R = d_{prom} * L$$

$$R = 1138 \text{ kg} \cdot 68 \text{ días}$$

$$R = 77.348 \text{ kg}$$

El punto de reorden (R) es un dato muy importante para el control de inventario continuo Q porque le permite determinar en qué momento montar una nueva orden de compra, es necesario indicar que la cantidad calculada como punto de reorden se maneja con cantidades físicas en inventario en bodega (Inventario Disponible) y con pedidos colocados para entregas en las fechas pactadas (Recepciones programadas).

Observando los datos calculados se aprecia que la demanda durante el lead time excede al tamaño de orden óptimo (Q_{opt}), en este caso el punto de reorden no puede ser igual a él lead time.

Para manejar esta situación el punto de reorden se calcula dividiendo la demanda durante el lead time entre el tamaño óptimo de orden y se toma el excedente del número entero obtenido en la división como valor de punto de reorden.

Realizando los cálculos del nuevo punto de reorden se obtiene lo siguiente:

$$R = \text{Demanda durante el Lead time} / Q_{\text{optimo}} = 77.384 \text{ kg}$$

$$R = 1138 \cdot 68 / 13.522 = 5.72 = 5 \text{ Ciclos} + 9.774$$

Se aprecia que se obtienen cinco ciclos completos que corresponden a cinco recepciones programadas + un excedente de 9.774 kg los cuales corresponde al punto de reorden es decir, se coloca un pedido por la cantidad optima definida cada que el inventario en bodega o disponible (OH), baje a 9.774 kilogramos y la posición del inventario este por debajo de 77.384 kilogramos; si la demanda se comporta similar a los datos históricos es muy probable que se tenga que hacer un pedido alrededor de cada 12 días.

Las recepciones programadas SR tienen una programación para que cada una llegue con intervalos de 12 días por la cantidad optima encontrada. Se respalda en cada revisión que se hace donde se toma una decisión acerca de la posición del inventario (IP) se conoce que la posición del inventario corresponde al inventario disponible excepto durante el tiempo de espera, IP se incrementa en Q cantidad, luego la IP supera al OH por este mismo margen durante todo el tiempo de espera, al final del tiempo de espera, cuando la recepción programada se

transforma en inventario disponible, vuelve a darse el caso de que $IP = OH$. El punto clave consiste en comparar la IP, y no el OH, con el punto de reorden al momento de decidir si es conveniente hacer un nuevo pedido, la ecuación que representa este modelo queda como se indica a continuación.

$$IP = OH + SR12 + SR24 + SR36 + SR48 + SR60$$

SR12 = Recepción programada con llegada en 12 días

SR24= Recepción programada con llegada en 24 días

SR36= Recepción programada con llegada en 36 días.

SR48= Recepción programada con llegada en 48 días.

SR60= Recepción programada con llegada en 60 días.

Sin embargo como se mencionó anteriormente, para la empresa no es conveniente hacer la aplicación en forma rigurosa de los resultados obtenidos con el modelo, y se plantea hacer una variante para acomodarlo a las circunstancias del mercado, a los aspectos de logística ya indicados, todo esto observando que al realizar la sensibilización del modelo con los datos obtenidos, se aprecia que el incremento en el costo total del inventario no es significativo. Por lo anterior se recomienda.

La cantidad de compra de anhídrido ftálico debe ser 20.000 Kg pues es ideal por el empaque, y se consolida en un contenedor sencillo por ser importada, además por ser química esta materia prima no es muy compatible con las demás lo que implicaría importar contenedores medio llenos con un sobrecosto de importación, nacionalización y transporte, teniendo en cuenta que la rotación de esta materia prima es muy rápida (16 días).

En conclusión la compañía debe operar siguiendo la ecuación que caracteriza los modelos de revisión continua con cantidad económica, realizar compras de 20.000 kg con 4 recepciones programadas con un tiempo de llegada estimado entre ellas de 16 días. El punto de reorden funciona en cada ciclo cuando la cantidad disponible de inventario (OH) llega a un valor de 9.774 kg y la posición IP este por debajo de 77.384 kg en ese momento se coloca un pedido con recepción

programada, la ecuación que representa este modelo para cantidades de pedido de 20.000 kg se indica a continuación.

$$IP = OH + SR16 + SR32 + SR48 + SR64$$

SR16 = Recepción programada con llegada en 16 días

SR32 = Recepción programada con llegada en 32 días

SR48 = Recepción programada con llegada en 48 días.

SR64 = Recepción programada con llegada en 64 días.

7.4.2.2. Análisis de sensibilidad para el modelo de inventario EOQ. Es importante recordar que un beneficio del modelo EOQ es que es robusto. Por robusto se entiende que proporciona respuestas satisfactorias incluso con variaciones sustanciales en sus parámetros como el costo de colocar un pedido y el costo de mantener en inventario, los cuales no son fáciles de determinar, en consecuencia usar un modelo robusto resulta ventajoso. Recordemos que el valor del EOQ se encuentra en la parte casi plana de la curva de costo total y eso permite que variaciones apreciables en el costo de mantener inventario, costo de colocar pedidos y el mismo EOQ, tengan pequeñas variaciones en el costo total.

Con el fin de soportar el comportamiento del modelo y las variaciones en su aplicación se procede a realizar un análisis de sensibilidad donde se plantean diferentes escenarios con relación a cantidad de pedido, costo de mantener y costo total de mantener el inventario, este análisis permite identificar el rango de cantidad a pedir de tal manera que la empresa no incurra en sobre costos por manejo de inventarios permitiendo interpretar los costos por pedidos grandes vs los costos de mantenerlos y la variación en los costos de acuerdo al tamaño de los pedidos.

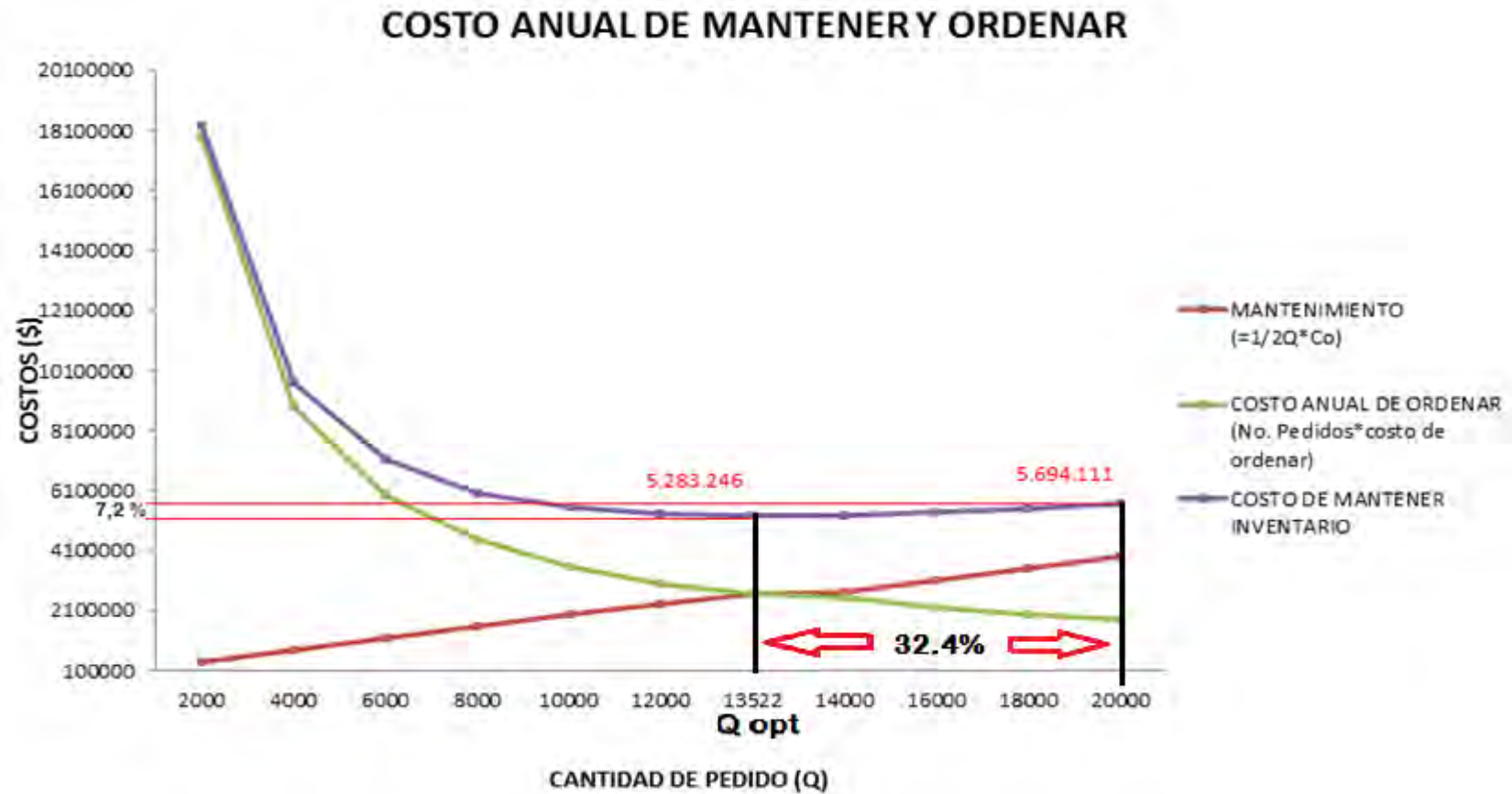
Cuadro No. 19. Análisis de sensibilidad.

| NUMERO DE PEDIDOS AÑO (D/Q) | CANTIDAD A ODENAR (Q) | MTO (=1/2Q*Co) | PEDIDO (No. Pedidos * costo de ordenar) | COSTO TOTAL |
|-----------------------------|-----------------------|----------------|---|---------------|
| 171 | 2000 | 390892 | \$ 17.851.913 | \$ 18.242.805 |
| 85 | 4000 | 781784 | \$ 8.925.956 | \$ 9.707.740 |
| 57 | 6000 | 1172676 | \$ 5.950.638 | \$ 7.123.314 |
| 43 | 8000 | 1563568 | \$ 4.462.978 | \$ 6.026.546 |
| 34 | 10000 | 1954460 | \$ 3.570.383 | \$ 5.524.843 |
| 28 | 12000 | 2345352 | \$ 2.975.319 | \$ 5.320.671 |
| 24 | 14000 | 2736244 | \$ 2.550.273 | \$ 5.286.517 |
| 21 | 16000 | 3127136 | \$ 2.231.489 | \$ 5.358.625 |
| 19 | 18000 | 3518028 | \$ 1.983.546 | \$ 5.501.574 |
| 17 | 20000 | 3908920 | \$ 1.785.191 | \$ 5.694.111 |

Una vez realizada la tabla de sensibilización se grafican los datos calculados para las diferentes cantidades de pedidos número de pedidos y costos para suplir la demanda anual; de acuerdo a la gráfica 9 (pág. 89) se demuestra que el Q optimo se encuentra en la parte donde se cruzan la línea costo anual de ordenar con la línea de costo de mantener de igual manera se puede observar que este valor se encuentra en el punto más bajo de costo de mantener el inventario.

Como se mencionó anteriormente la cantidad recomendada de pedido es 20.000 kg, la diferencia de costo total anual de mantener el inventario si se realizan pedidos por una cantidad entre el Qopt (13.522 kg) y 20.000 kg (que corresponde a un contenedor sencillo) la diferencia de costo es 7.2% es decir \$410.865 anual, cifra que es mucho menor a tener que hacer compras del producto por una cantidad menor al contenedor completo, pues si se pide el contenedor medio lleno se deberían poner 25 órdenes en el año pero si se hacen pedidos con el contenedor completo serian 17 órdenes en el año, si recordamos que poner una orden cuesta \$104.550 al dejar de hacer 8 órdenes al año se tendría un ahorro de \$836.400 además se ahorrarían los costos de manejo, embarque, logística, documentación, regulaciones y seguridad. Otro aspecto a resaltar entre la diferencia de pedir un contenedor con el Qopt (13.522kg) y 20.000 kg contenedor sencillo es que con un 32.4% más de producto en el pedido solo se incrementa un 7.2% de costo de mantenimiento, lo que ratifica la robustez del modelo de control de inventarios indicado para este caso.

Figura No.15. Grafica Análisis de sensibilidad para el modelo EOQ



7.4.3. Plan de mejora para aprovechamiento de la capacidad instalada.

INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A. cuenta con una planta para la fabricación de resinas y solventes, la cual le provee materia prima a las demás líneas de la empresa, esta planta cuenta con tres reactores, una torre de enfriamiento, tres tanques de dilución, una caldera térmica, equipos de mezclado, básculas industriales para el pesaje de las materias primas y producto terminado.

7.4.3.1. Análisis de la utilización de la planta de resinas. Partiendo del análisis realizado por el investigador en la planta de resinas y notando, a su criterio, la poca utilización de la capacidad instalada, se procedió a realizar un seguimiento de la utilización durante un mes, consignando la información en una tabla para su posterior análisis y determinación de los factores de sub utilización de la planta.

Las variables consignadas en la Cuadro No. 16. de observación en planta fueron:

- Reactor utilizado.
- Tiempo de proceso por días.
- Tiempo en horas hombre.
- Toneladas producidas.
- Fecha.

La información recolectada se ordenó con el fin de comprender el actual comportamiento y determinar si es posible establecer acciones de mejoramiento que aumenten la productividad a partir de la gestión óptima de los recursos.

Cuadro No. 20. Registro la utilización horas por día planta de resinas en el mes de Septiembre de 2012

| | | UTILIZACION HORAS POR DIA PLANTA DE RESINAS SEPTIEMBRE 2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|--|
| REACTOR | RESINA /DIA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | HORAS PROCESO | |
| 1 | RESINA 1-1 | 14 | 24 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 48 | |
| 1 | RESINA 1-2 | | | | | | | | | | | | | | 10 | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | 34 | |
| 2 | RESINA 2-1 | | | | | | | | 10 | 24 | 24 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 66 | |
| 2 | RESINA 2-2 | | | | 10 | 24 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 52 | |
| 3 | SOLVENTE 1-1 | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 24 | 12 | | | | | | | | | | | | | | 52 | |
| 3 | SOLVENTE 1-2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 24 | 6 | 44 | |
| 2 | RESINA 3-2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 24 | 15 | | | | | 51 | |
| 2 | RESINA 3-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 24 | 16 | | | | | | | | 49 | |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 396 | |
| | TOTAL DIA | 14 | 24 | 10 | 10 | 24 | 18 | | 10 | 24 | 24 | 8 | 0 | | 10 | 24 | 16 | 24 | 12 | 0 | | 9 | 24 | 16 | 12 | 24 | 15 | | 14 | 24 | 6 | | |

Cuadro No. 21. Relación toneladas de resina producidas vs recursos utilizados.

| REACTOR | RESINA/DIA | HORAS HOMBRE | TONELADAS PRODUCIDAS | RECURSOS UTILIZADOS | |
|---------|--------------|--------------|----------------------|---------------------|---------------|
| | | | | GAS /M3 | ENERGIA KW |
| 1 | RESINA 1-1 | 48 | 7,5 | 130 | 403,2 |
| 1 | RESINA 1-2 | 34 | 7,5 | 110 | 285,6 |
| 2 | RESINA 2-1 | 66 | 8 | 94 | 554,4 |
| 2 | RESINA 2-2 | 52 | 8 | 120 | 436,8 |
| 8 | SOLVENTE 1-1 | 52 | 4,5 | 148 | 436,8 |
| 8 | SOLVENTE 1-2 | 44 | 4,5 | 160 | 369,6 |
| 2 | RESINA 3-2 | 51 | 7,5 | 74 | 428,4 |
| 2 | RESINA 3-1 | 49 | 7,5 | 105 | 411,6 |
| | TOTAL | 396 | 47,5 | 941 | 3326,4 |

Cuadro No. 22. Relación en pesos de recursos utilizados.

| COSTO DE RECURSOS UTILIZADOS (En pesos) | | CANTIDADES | TOTAL EN PESOS |
|---|----------|--------------|------------------------|
| ENERGIA KW/H | 560 kW/h | 3326,4 | \$ 1.862.784,00 |
| GAS M3 | 930m3 | 941 | \$ 875.130,00 |
| HORA HOMBRE | 4569 HH | 396 | \$ 1.809.324,00 |
| | | TOTAL | \$ 4.547.238,00 |

Con la información obtenida se pudo determinar que la planta de resinas cuenta con un total de 3 reactores, los cuales ha sido diseñado específicamente para la producción de un tipo de resina, razón por la cual los reactores son utilizados de manera independiente para cada proceso. Esto se constató durante el mes de septiembre, en el cual se registró sistemáticamente la observación en planta, lográndose identificar que los reactores tampoco funcionaban simultáneamente para el proceso de la producción de sus resinas. Estos hallazgos se convirtieron en el punto de partida para pensar si existía una manera de optimizar los recursos para la producción de resinas, específicamente los recursos operativos es decir el costo de funcionamiento de la caldera, la torre de enfriamiento y del operario, encargado de controlar el proceso.

La observación en planta permitió establecer, además, que no existe un proceso continuo de producción, que los reactores son puestos en funcionamiento en un promedio de 2 veces al mes y con un promedio de 49,5 horas por proceso, es decir un poco más de 2 días por proceso. De otra manera, entre procesos independientemente del reactor que se fueran a utilizar, siempre existía un intervalo de tiempo muerto de 1 día.

A demás de la observación, se desarrolló un análisis de productividad de los recursos operativos con el fin de determinar el índice de productividad para cada uno de los recursos.

7.4.3.2. Cálculo y análisis de la productividad actual de la planta de resinas.

La productividad está definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de unidades producidas.¹⁶

Con la información obtenida a través de la observación y análisis de la utilización de la planta de resinas, se dispone a calcular la productividad inicial de la planta con el fin de tener una base de comparación más adelante, desglosándose esta en cada uno de los recursos utilizados para el proceso aplicando la siguiente formula:

- **Productividad de la energía**

$$\text{Productividad de la energía} = \frac{\text{cantidad producida}}{\frac{\text{kw}}{\text{h}} \text{ en producción}} = 14.28 \text{ kgkw/h}$$

Este indicador permite conocer la relación entre las unidades producidas y la cantidad de KW/h utilizados en el proceso, determinando la cantidad producido por Kw/h.

¹⁶ Fernando Casanova. Formación profesional, productividad y trabajo decente. Boletín No.153 Cinterfor Montevideo 2002 [11-2-2008]

$$\text{Productividad de la energia} = \frac{47.500 \text{ kg /me}}{3326.4 \text{ kw/h}} = 14.28 \text{ kgkw/h}$$

De esta manera se puede determinar que la productividad inicial en términos de energía es de 14.28 kg por cada kW/h invertido.

- **Productividad del Gas**

$$\text{Productividad del Gas} = \frac{\text{cantidad producida}}{\text{m3 en producción}}$$

Este indicador permite conocer la relación entre las unidades producidas y la cantidad de M3 utilizados en el proceso, determinando la cantidad producto por M3.

$$\text{Productividad del Gas} = \frac{47.500 \text{ kg /me}}{941 \text{ m3}} = 50.47 \text{ kg /m3}$$

De esta manera se puede determinar que la productividad inicial en términos de gas es de 50.47 kg por cada M3 invertido.

- **Productividad hora Hombre**

$$\text{Productividad de la hora hombre} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{hH laborads}}$$

Este indicador permite conocer la relación entre las unidades producidas y la cantidad tiempo del operario utilizado en el proceso, determinando la cantidad producto por hora Hombre.

$$\text{Productividad de la hora hombre} = \frac{47.500 \text{ kg /me}}{396 \text{ hH}} = 120 \text{ kg /hH}$$

De esta manera se pudo determinar que la productividad en términos de horas Hombre es de 120 kg por cada hora Hombre invertida

- **Productividad Multifactorial**

$$\text{productividad multifactorial} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Recursos utilizados}}$$

Este indicador permite conocer la relación de las unidades producidas a razón de la suma de los recursos invertidos en el proceso de producción que para este caso particular (energía, gas y Hora Hombre) en pesos.

$$\text{productividad multifactorial} = \frac{47.500\text{kg}}{4.574.238 \text{ pesos}} = 0.01 \text{ kg/peso}$$

De esta manera se pudo determinar que la productividad multifactorial de la planta de resinas es de 0.01kg por peso invertido.

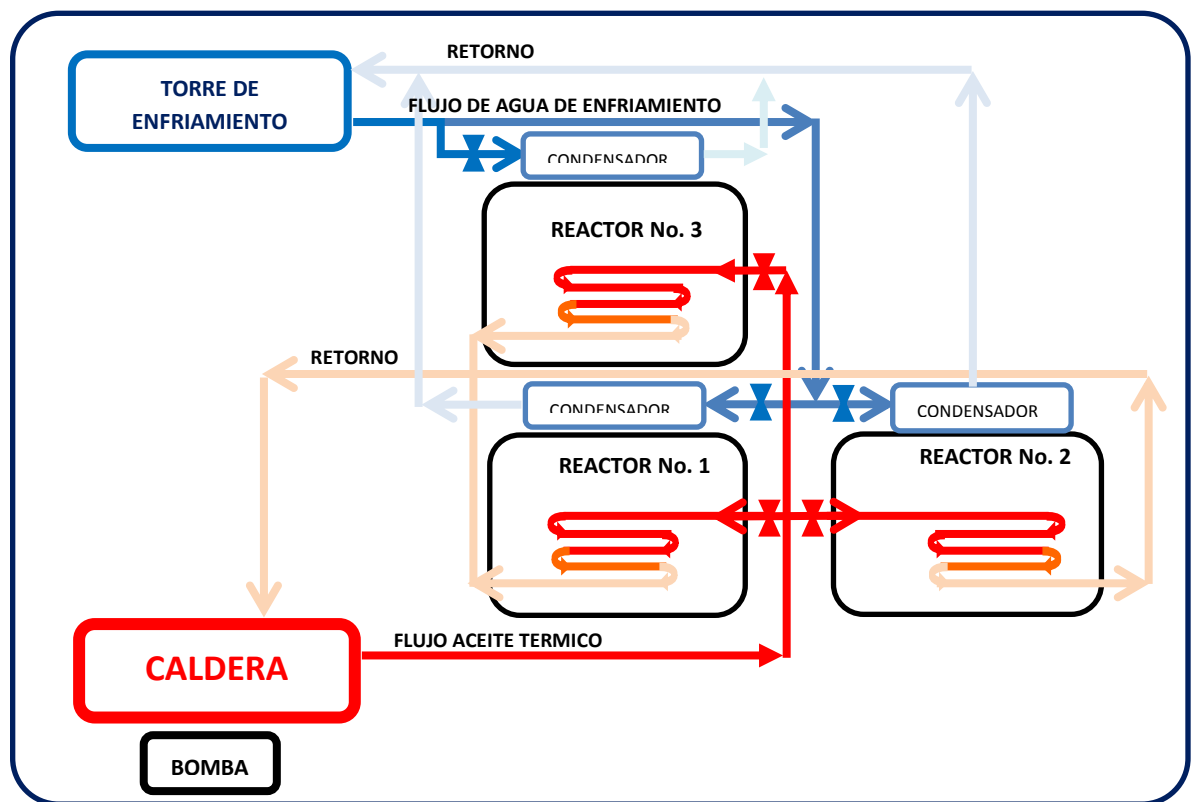
7.4.3.3. Implementación del numeral 6 de la matriz “plan de mejoramiento utilización de la capacidad instalada”. Utilizando la información obtenida de la productividad de la planta de producción de resinas, con el propósito de mejorar los niveles de productividad se propone un plan, que permita aprovechar los recursos utilizados durante la producción, pues la planta cuenta con tres reactores y se procesa solo una resina a la vez. A partir de entrevistas realizadas al personal de mantenimiento, producción y por el método de observación directa, se obtuvo la siguiente información:

- Las redes de distribución de aceite térmico desde la caldera están diseñadas para realizar transferencia de calor simultánea a los diferentes reactores.
- La bomba que impulsa el aceite térmico desde la caldera por las redes de distribución está siendo utilizada solo en un 50% debido a que tiene regulada la presión de bombeo a la mitad. Este criterio de regulación se debe a que solo se está distribuyendo aceite térmico por un pequeño porcentaje del sistema de distribución, de no ser así causaría averías en la tubería.
- La torre de enfriamiento tiene capacidad de realizar transferencia de calor hasta 2 condensadores, existiendo 1 por cada reactor.

- Cada reactor posee su propio sistema de agitación, termómetro digital y tanque de dilución.
- El operario tiene demasiado tiempo muerto pues solo debe vigilar el buen funcionamiento de los equipos, la temperatura y los tiempos de proceso.

Para la mejora de la productividad y con autorización de la gerencia se desarrolla un plan que permita a la empresa durante un mes procesar simultáneamente 2 resinas o una resina y un solvente, de igual manera se le realiza un seguimiento para medir los consumos, las horas hombre trabajadas y las toneladas producidas.

Figura 16. Distribución de fluidos. Planta de resinas



Con la información obtenida en el anterior planteamiento se elaboró una tabla que permita comparar los comportamientos de la planta durante el mes de septiembre (inicial) y octubre (plan de mejora).

7.4.3.4. Análisis de la utilización de la capacidad de producción de la planta de resinas después de implementar el plan de mejoramiento. Una vez implementadas las acciones de mejoramiento se procede a realizar el mismo esquema de recolección y análisis anterior con el cual se determinó la capacidad instalada y la productividad inicial.

Cuadro No. 23. Relación de utilización planta de resinas mes octubre 2012.

| | | UTILIZACION HORAS POR DIA PLANTA DE RESINAS OCTUBRE 2012 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------|--|----|----|---|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----------|
| REACTOR | RESINA /DIA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | HORA PRO |
| 1 | RESINA 1-1 | 14 | 24 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 24 | 10 | | | | | 14 | 24 | 10 | | | | 144 |
| 1 | RESINA 1-2 | | | | | 10 | 24 | | | | | | | | | | | | | 10 | 24 | | | | | | | | | | | 68 |
| 2 | RESINA 2-1 | | | | | 10 | 24 | 24 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 66 |
| 2 | RESINA 2-2 | 10 | 24 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 24 | 18 | 104 |
| 3 | SOLVENTE 1-1 | | | | | | | | | | | 16 | 24 | 12 | | | | | 16 | 24 | 12 | | | | | | | | | | | 104 |
| 3 | SOLVENTE 1-2 | | | | | | | | | | | | | | 14 | 24 | 6 | | | | | | | | | 14 | 24 | 12 | | | | 94 |
| 2 | RESINA 3-2 | | | | | | | | | | | 12 | 24 | 15 | | | | | | | | 12 | 24 | 15 | | | | | | | | 102 |
| 2 | RESINA 3-1 | | | | | | | | | | | | | | 9 | 24 | 16 | | | | | | | | | | | | 9 | 24 | 16 | 98 |
| | | TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 780 |
| | TOTAL DIA | 24 | 48 | 28 | 0 | 20 | 48 | 24 | 8 | 0 | 0 | 28 | 48 | 27 | 23 | 48 | 22 | 0 | 30 | 58 | 46 | 12 | 24 | 15 | 0 | 28 | 48 | 22 | 19 | 48 | 34 | |

Cuadro No. 24. Relación toneladas de resina producidas vs recursos utilizados después de implementadas las acciones de mejoramiento.

| REACTOR | RESINA/DIA | HORAS HOMBRE | TONELADAS PRODUCIDAS | RECURSOS UTILIZADOS | |
|---------|--------------|--------------|----------------------|---------------------|---------------|
| | | | | GAS /M3 | ENERGIA KW |
| 1 | RESINA 1-1 | 70 | 22,5 | 345 | 588 |
| 1 | RESINA 1-2 | 32 | 15 | 190 | 268,8 |
| 2 | RESINA 2-1 | 46 | 8 | 80 | 386,4 |
| 2 | RESINA 2-2 | 60 | 16 | 210 | 504 |
| 3 | SOLVENTE 1-1 | 45 | 9 | 260 | 378 |
| 3 | SOLVENTE 1-2 | 47 | 9 | 290 | 394,8 |
| 2 | RESINA 3-2 | 71 | 15 | 130 | 596,4 |
| 2 | RESINA 3-1 | 51 | 15 | 180 | 428,4 |
| | TOTAL | 422 | 109,5 | 1685 | 3544,8 |

Cuadro No. 25 Relación en pesos de recursos utilizados

| COSTO DE RECURSOS UTILIZADOS (En pesos) | | CANTIDADES | TOTAL EN PESOS |
|---|----------|------------|------------------------|
| ENERGIA KW/H | 560 kW/h | 3544,8 | \$ 1.985.088,00 |
| GAS M3 | 930m3 | 1685 | \$ 1.567.050,00 |
| HORA HOMBRE | 4569 HH | 422 | \$ 1.928.118,00 |
| TOTAL | | | \$ 5.480.256,00 |

7.4.3.5. Calculo de la productividad de la planta de resinas una vez aplicado el mejoramiento. Con la información obtenida en el análisis de la utilización de la planta de resinas, después de la implementación del mejoramiento se dispone a calcular la productividad final de la planta.

- Productividad de la energía**

$$\text{Productividad de la energia} = \frac{109.500 \text{ kg /me}}{3544.8 \text{ kw/h}} = 30.89 \text{ kgkw/h}$$

- **Productividad del Gas**

$$\text{Productividad del gas} = \frac{109.500 \text{ kg /me}}{1685 \text{ m}^3} = 64.98 \text{ kg /m}^3$$

- **Productividad hora Hombre**

$$\text{Productividad de la hora hombre} = \frac{109.500 \text{ kg /me}}{422 \text{ hH}} = 259.4 \text{ kg /hH}$$

- **Productividad Multifactorial**

$$\text{Productividad multifactorial} = \frac{109.500 \text{ kg /me}}{5.480.256 \text{ pesos}} = 0.019 \frac{\text{kg}}{\text{peso}}$$

7.4.3.6. Efectividad del plan de mejora en la planta de resinas. Para comprender mejor el comportamiento productivo de la planta, antes y después de la implementación del plan de mejora se presenta a continuación una tabla que permita visualizar el aumento de la productividad en valores y en porcentaje.

Cuadro No. 26. Efectividad del plan de mejora en la planta de resinas en términos de costos.

| | ENERGIA | GAS | HORA HOMBRE |
|--|----------------------|----------------|--------------------|
| COSTO DEL RECURSO | 560 kW/h | 930m3 | 4569 HH |
| Cantidad utilizada antes de la mejora | 3326,4 | 941 | 396 |
| Cantidad utilizada después de la mejora | 3544,8 | 1685 | 422 |
| DIFERENCIA | 218,4 | 744 | 26 |
| Costo del recurso antes de la mejora | 1.862.784 | 875.130, | 1.809.324 |
| Costo del recurso después de la mejora | 1.985.088 | 1.567.050 | 1.928.118 |
| DIFERENCIA | 122.304 | 691.920 | 118.794 |
| Kilogramos producidas por mes antes de la mejora | 47.500 Kg | | |
| Kilogramos producidas por mes después de la mejora | 109.500 Kg | | |
| DIFERENCIA | 62.000 (130%) | | |

Como se aprecia en la tabla anterior, la diferencia en la utilización de los recursos para el funcionamiento de los procesos productivos de la planta para los meses de septiembre y octubre, antes y después de la aplicación del plan de mejora respectivamente, es apenas perceptible en el consumo de energía y en la utilización de horas hombre trabajadas, siendo su costo final poco representativo, la diferencia más notable se presentó en el consumo de Gas cuyo comportamiento se mejoró en un 79%. Sin embargo a pesar de este comportamiento se puede concluir que, en términos de inversión en costos operativos de la planta de resina, la acción de mejora no aumenta significativamente los costos fijos de operación de la empresa.

Por otro lado, el plan de mejora se analizó a través de la comparación de los indicadores de la productividad de cada uno de los recursos, encontrándose resultados significativos durante un mes.

Los cálculos de productividad de los recursos, por separado, demuestran un incremento considerable después de la implementación de la acción de mejora, el análisis de los resultados tomando como referencia la cantidad de producto fabricado por Kw/h se puede concluir que el nivel de productividad se incrementó en un 116,3% pasando de producir 14,28 kg por kw/h a producir 30,89 kg por kw/h. El comportamiento en la productividad del gas natural incremento en un 28.7% de siendo el recurso con menor incremento.

La productividad en términos de hora Hombre trabajada, al igual que la de la energía incremento en un 116 % demostrando un mejor desempeño del talento humano y una notable gestión del mismo para la minimización de los tiempos muertos.

En cuanto al nivel de producción este se incrementó en un 130% pasando de producir 47.500Kg. a producir 109.500 Kg. por mes.

Finalmente se puede concluir que la acción de mejora planteada y desarrollada fue de gran pertinencia para la empresa, ya que elevó el nivel de productividad multifactorial en un 90% como consecuencia de una adecuada gestión de los recursos en función del aprovechamiento de la capacidad instalada.

Cuadro No. 27. Efectividad del plan de mejora en la planta de resinas en términos de productividad.

| | PRODUCTIVIDAD PLANTA RESINAS SEPTIEMBRE | PRODUCTIVIDAD PLANTA DE RESINA OCTUBRE | DIFERENCIA | INCREMENTO PORCERNTUAL |
|--|--|---|------------|---------------------------|
| productividad energía kg/ kW/h | 14,28 | 30,89 | 16,61 | 116,3 |
| productividad gas natural kg/m3 | 50,47 | 64,98 | 14,51 | 28,7 |
| Productividad de la hora hombre kg/ HH | 120 | 259,4 | 139,4 | 116,2 |
| Productividad Multifactorial kg/peso | 0,01 | 0,019 | 0,009 | 90 |

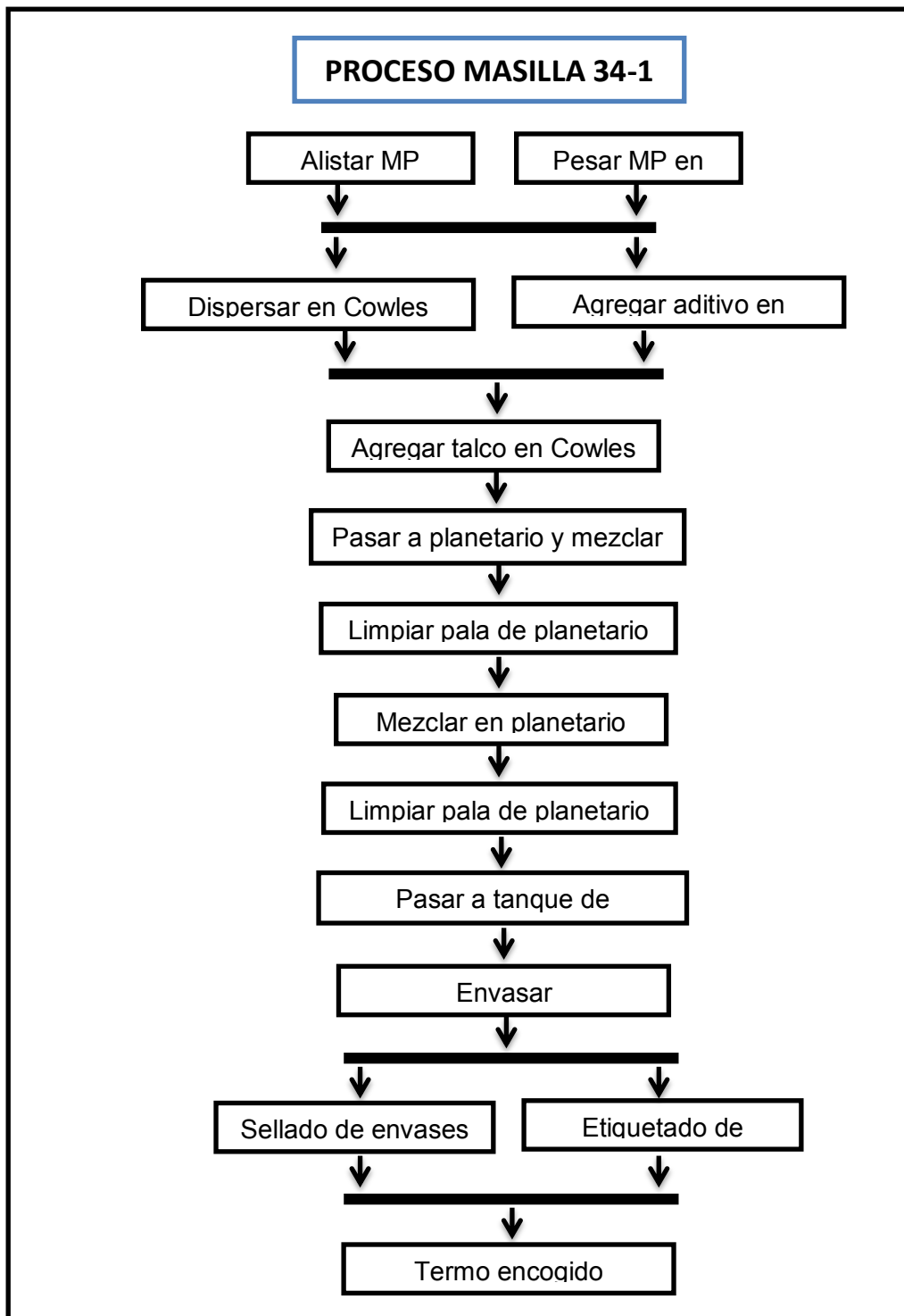
7.4.4. Capacidad de producción de la línea de masilla 34-1. La capacidad instalada de una línea de producción establece la máxima producción posible en un determinado periodo de tiempo, ésta se establece en horas, días, meses o años dependiendo de la necesidad de análisis, para este caso de investigación y debido a la pertinencia de la información se dará en meses, tomando como referencia el tiempo de proceso máximo en un solo turno de 9 horas de los equipos asignados a la línea.

A continuación se presenta el cálculo de la capacidad producción de la línea de masilla 34-1, para este cálculo fue necesario realizar una observación en planta con el objetivo de registrar los tiempos de proceso de cada subproceso. Es importante resaltar que este proceso se establece por lotes de 155 galones respondiendo a la capacidad máxima de mezcla de Cowles designado para esta línea. Los datos se presentan a continuación en el Cuadro No. 25.

Cuadro No. 28. Proceso de masilla 34-1

| MASILLA 34-1 (LOTE 155 GALONES) | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------------|
| OPERACIÓN | | TIEMPO PROCESO MINUTOS/LOTE | ACTIVIDADES | TIEMPO TOTAL PROCESO/LOTE |
| Subproceso 1 Equipo Manual | ALISTAMIENTO DE MATERIA PRIMA | 24 | simul taneas | 30 minutos |
| | PESAR MATERIA PRIMA EN OLLA | 30 | | |
| Subproceso 2 Equipo Cowles | PASAR A COWLES (dispersar) | 18 | | 42 minutos |
| | AGREGAR ADITIVO (0,10) | | | |
| | AGREGAR TALCO | 24 | | |
| Subproceso 3 Equipo Planetario | MEZCLAR EN EL PLANETARIO PRIMERA VEZ | 18 | | 48 Minutos |
| | LIMPIAR PALA | 6 | | |
| | MEZCLAR EN PANETARIO SEGUNDA VEZ | 18 | | |
| | LIMPIAR PALA | 6 | | |
| Subproceso 4 Equipo Manual | PASAR A TANQUE DE ENVASADO | 12 | | 42 minutos |
| | ENVASADO | 30 | | |
| Subproceso 5 Equipo Manual | SELLADO | 30 | simul taneas | 30 minutos |
| | ETIQUETEADO | 30 | | |
| Subproceso 6 Equipo Túnel | TERMOENCOGIDO | 30 | | 30 minutos |
| | | | | |
| TOTAL | | | 264min / 4,4 horas | |

Figura 17. Diagrama de bloque -Masilla 34-1



La línea de producción de masillas tiene capacidad de producir 8 lotes en un turno de 9 horas, iniciando el turno el primer lote tarda 4.4 horas y en adelante cada 48 minutos sale otro lote pues en cada puesto de trabajo los lotes de masilla tienen un tiempo de proceso siendo el mayor de ellos 48 minutos, teniendo en cuenta que al salir un lote de cada puesto de trabajo inmediatamente entra el otro. En un turno de 8 horas se producen 7 lotes únicamente.

Para el cálculo de la capacidad de producción de línea de masilla 34-1 se aplicó la siguiente formula:

- Capacidad disponible/ mes = N° de lotes turno * N° gl por lote * N° días laborados

$$\text{CPM} = 8 \text{ lotes turno} * 155 \text{ galones / lote} * 26 \text{ días} = 32.240 \text{ galones/mes}$$

- Capacidad de diseño = N° de lotes turno * N° gl lote * N° turnos * N° días laborados

$$\text{Capacidad de diseño} = 7 \text{ lotes} * 155 \text{ gl} * 3 \text{ turnos} * 26 \text{ días} = 84.630 \text{ galones /mes}$$

En la actualidad INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A. para La línea de masilla 34-1 cuenta con 7 operarios, 1 en la zona de pesaje de materia prima (sub proceso 1), 1 operando las máquinas de mezclado (subproceso 2 y3) y 5 operarias quienes son las encargadas de los subprocesos de envasado, etiquetado y termo encogido. La jornada de producción diaria es de 9 horas y se trabaja de lunes a sábado. La empresa tiene como política trabajar solo de lunes a sábado por lo que en la capacidad de producción no se tuvo en cuenta el día domingo.

Se pudo determinar que la capacidad de producción máxima en un solo turno es de 32.240 galones por mes, en la actualidad se tiene un promedio histórico de producción mensual en 2 años de 8.635 galones teniendo en cuenta que esa línea de producción no trabaja todos los días.

Porcentaje de Utilización = (producción mensual/capacidad de diseño) *100

Porcentaje de Utilización = 8.635 galones /84.630 galones = 10.2 %

Porcentaje de eficiencia = (producción mensual/ capacidad disponible) *100

Eficiencia = 8.635 galones /32.240 galones= 26.78%

Una eficiencia de esta magnitud ratifica que los problemas no son por operaciones, movimientos y falta de tiempos en las líneas, son por falta de trabajo a causa de ventas insuficientes o paradas de máquina.

7.4.5. Análisis de los Reclamos de los clientes por incumplimiento de especificaciones de calidad. Las especificaciones de calidad en los productos son muy importantes para el cliente pues él tiene normalizado su proceso y requiere que el producto tenga unas especificaciones que cumplan con su necesidad, en INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A. no se cuenta con normalización de procesos ni control de calidad a las materias primas, lo que lleva a diferencias en las especificaciones de calidad entre lotes, además no se cuenta con un control estadístico de calidad para manejar un rango de valores que le permitan normalizar dichas mediciones y asegurar al cliente productos de calidad.

7.4.5.1. Plan de mantenimiento preventivo para la planta de resinas. El cumplimiento de las especificaciones de calidad de los productos depende en gran medida, de las condiciones de las máquinas y equipos involucradas en el proceso productivo. Por lo que es de vital importancia generar programas de mantenimiento con el fin de evitar paradas de proceso causadas por fallas, estas reparaciones pueden tardar semanas si no se consiguen oportunamente los repuestos, produciendo incumplimiento en los pedidos de los clientes, problemas de calidad y pérdidas en los niveles de productividad de la empresa.

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento definido, lo que ha generado en pasadas ocasiones largas paradas de la línea de producción. Por esto, como primer momento de la estructuración del plan, se desarrolló un cronograma de las actividades rutinarias y obligatorias, a partir de la información obtenida a través de encuestas con los operarios y jefe de mantenimiento con respecto a las máquinas, con el fin de empezar a implementar el mantenimiento preventivo para estas.

Los mantenimientos relacionados con la parte preventiva fueron divididos en dos partes, la primera hace referencia a las actividades diarias, para lo cual se diseñó un formato de check list donde se encuentra consignado el estado actual de los equipos, para determinar si están listos para el arranque de la operación y el tipo de mantenimiento que necesita por turno.

La segunda parte se encarga de mantenimientos más profundos guiados a prevenir y corregir problemas de los equipos.

Figura 18. Formato de Check List para inicio de operaciones

| CHECK LIST PLANTA DE RESINAS | | | | | | |
|------------------------------|-------|--------------------|------------------------------|-------|--|-------|
| PROXIMO MANTENIMIENTO | | | | | TIPO DE MAQUINA | |
| | | | | |  | |
| ACTIVIDAD POLIESTER | | FACRICACION RESINA | | | | |
| NOMBRE | | PLANTA DE RESINAS | | | | |
| NOMBRE PLANTA DE RESINAS | | | | | | |
| FECHA | | TURNO | | | | |
| OBSERVACIONES ESPECIALES | | | | | | |
| REVISION GENERAL | | | | | | |
| | | LISTO | | LISTO | | LISTO |
| TORRE DE ENFRIAMIENTO | AGUA | | TTMIENTO ANTI ENCRUSTACIONES | | BOMBAS | |
| CALDERA | BOMBA | | NIVEL DE ACEITE | | MEDIDOR TEMPERATURA | |
| AGITADOR | GRASA | | ENGRANAJE | | PINES | |
| REACTOR | SECO | | LIMPIO | | TERMOSTATO | |
| TANQUE DE DILUSION | SECO | | LIMPIO | | LLAVE CERRADA | |

Debido a que las máquinas realizan diferentes procesos productivos, se realizó un plan para cada una de las máquinas de la planta de resinas. Los mantenimientos preventivos que se incluyeron en este estudio, son todos aquellos relacionados con la lubricación, limpieza, y revisión de partes de máquinas ya que se han presentado grandes deficiencias en estas actividades puesto que no se cuenta con un cronograma que especifique las fechas y frecuencia en las cuales debe llevarse a cabo los diferentes tipos de mantenimiento.

Cuadro No. 29. Programación para el mantenimiento preventivo de la planta de resinas para el 2013

| CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA DE RESINAS INDUSTRIAS MACAR | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------------------------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|-----------------|-----------|-----------|
| Elaborado por | | Marisol Ramírez Canizales | | | | | | | FECHA | Octubre de 2012 | | |
| EQUIPO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
| CALDERA | X | | | X | | | X | | | X | | |
| BOMBA DE CALDERA | X | | | | | | X | | | | | |
| REACTOR 4 | | X | | | | | | X | | | | |
| TANQUE DE DILUSION 4 | | X | | | | | | X | | | | |
| REACTOR 2 | | | X | | | | | | X | | | |
| TANQUE DE DILUSION 2 | | | X | | | | | | X | | | |
| REACTOR 8 | | | | X | | | | | | X | | |
| BOMBA HIDRAULICA 1 | X | | | | | | X | | | | | |
| BOMBA HIDRAULICA 2 | | | | | | | | | | | | |
| TORRE DE ENFRIAMIENTO | | X | | | | | | X | | | | |
| BOMBA DE TORRE DE ENFRIAMIENTO | | X | | | | | | X | | | | |

7.4.5.2. Caracterización del Anhídrido Ftálico, (materia prima de mayor consumo). El anhídrido ftálico es la Materia prima más utilizada en industrias MACAR como se pudo observar en el análisis de Pareto, es utilizada para la fabricación de resinas alquílicas, ésteres plastificantes y resinas poliéster, este producto requiere de gran cuidado en su proceso de compra, pues se debe cuidar el cumplimiento de las especificaciones técnicas ya establecidas para el proceso. Se consigue en el mercado en presentación de escamas o fundido, el empaque generalmente viene en presentación de sacos de 25 kg.

Cuadro No. 30. Caracterización del Anhídrido Ftálico

| ANHIDRIDO FTALICO | |
|---|--------------------------------------|
| FORMULA | C6H4(CO)2° |
| PRESENTACION | SACOS 25 KG |
| TIEMPO DE VIDA | 1 AÑO en condiciones ideales |
| APARIENCIA | ESCAMAS |
| TEMP ALMACEMANIENTO | Entre 20° Y 28° |
| RECOMENDACIÓN | EVITAR HUMEDAD |
| PAIS PROVEEDOR PRINCIPAL | CHINA |
| PAIS PROVEEDOR SUSTITUTO | BRASIL |
| CANTIDADES OPTIMAS A IMPORTACION | CONTENEDORES DE 20 y 40 TONELADAS |
| REQUIERE PERMISOS ESPECIALES DE IMPORTACION | NINGUNO |
| USOS | FABRICACION DE RESINAS |
| CALASIFICACION DE INVENTARIO | TIPO A |
| TIEMPO MINIMO DE ENTREGA | 45 DIAS COMPRADO EN BRASIL |
| TIEMPO MAXIMO DE ENTREGA | 70 DIAS COMPRADO EN CHINA |
| FORMA DE PAGO | 90 DIAS CON BL |
| PROVEEDOR PARA EMERGENCIAS | CARBOQUIMICA COLOMBIA (MAS COSTOSO) |
| COSTO PROMEDIO DE COMPRA | \$ 1,580 POR KILO |
| RECEPCION DE PRODUCTO | CON CERTIFICADO DE ANALISIS |

Cuadro No. 31. (Continuación) Caracterización del Anhídrido Ftálico

| ESPECIFICACIONES TECNICAS ANHIDRIDO FTALICO | |
|--|---|
| ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO | |
| PROPIEDAD | ESPECIFICACION |
| Punto de Cristalización [°C] | 130.8 mín. |
| Color Fundido [Pt – Co] | 20 máx. |
| Color Después de Calentamiento [Pt – Co] | 50 máx. |
| METODO DE ANALISIS | |
| M-TCC-754 | |
| M-TCC-752 | |
| M-TCC-752 | |
| CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO | |
| Apariencia | Escamas |
| Color | Blanco |
| Contenido de Anhídrido Ftálico [%] | 99.5 mín. |
| Contenido de Anhídrido Maleico [%] | 0.15 máx. |
| Contenido de Acido Ftálico [%] | 0.2 máx. |
| Solubilidad en Benceno | Completamente Soluble |
| EFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD: | |
| Inhalación | La respiración de altas concentraciones de vapor, humo o polvo producen irritación primaria de las membranas mucosas y del tracto respiratorio superior; ocasionando tos, estornudos, hemorragias nasales, sensación de quemaduras, ronquera y bronquitis |
| Ingestión | Toxicidad aguda moderada. Puede causar náuseas, vómito y otras molestias gástricas. Corrosivo. La ingestión causa severas quemaduras de boca, garganta y estómago. |
| Piel: | Irritación directa pero retardada. El contacto con la piel húmeda produce severa irritación. El contacto con el producto húmedo puede causar quemaduras térmicas severas agravadas por efectos químicos. |
| Ojos | Irritación primaria, causando en algunos casos conjuntivitis, pero no daño permanente. |
| Efectos crónicos | La inhalación repetida puede causar sensibilización pulmonar y puede inducir ataques de asma en individuos predispuestos. La ingestión crónica puede producir úlceras y daño al riñón. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis alérgica. Los efectos de irritación son empeorados en superficies de la piel húmeda o membranas mucosas |

Cuadro No. 32. (Continuación) Caracterización del Anhídrido Ftálico

| MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO | |
|---|--|
| Punto de inflamación (°C): 151.1 Temperatura de autoignición (°C): 570 Límites de inflamabilidad (%V/V): 1.7-10.5 | |
| Peligros de incendio y/o explosión: | Combustible sólido. Líquido inflamable a altas temperaturas. El agua y el anhídrido ftálico forman ácido ftálico (altamente corrosivo). El agua puede causar espumación. El polvo presente en el aire transportado representa un peligro de explosión. El anhídrido ftálico fundido puede reaccionar violentamente en contacto con sales fundidas (ej. Sales de nitrato). A temperaturas superiores al punto de inflamación se pueden generar mezclas de vapor/aire las cuales representan peligros de explosión. Durante un incendio se generan gases tóxicos e irritantes. |
| Medios de extinción: | Dióxido de carbono, polvo químico seco, agua en forma de rocío. El vapor es efectivo |
| Productos de la combustión: | Dióxido y monóxido de carbono, ácidos orgánicos. |
| Precauciones para evitar incendio y/o explosión: | Evitar el contacto con llama o fuentes de calor. Mantener alejado de materiales incompatibles. Proporcionar adecuada ventilación. |
| MANEJO Y ALMACENAMIENTO | |
| Manejo | Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en dónde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Reacciona con la humedad, formando ácido Ftálico que puede corroer los metales y liberar hidrógeno. Evitar la dispersión de polvo en el aire. |
| Almacenamiento | Almacenar en lugares secos, frescos, bien ventilados. Retirado de fuentes de calor e ignición y materiales incompatibles. El área de almacenamiento debe estar debidamente señalizada y con acceso limitado sólo a personal autorizado. Los contenedores deben estar debidamente rotulados y etiquetados. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos, por los residuos presentes en forma de polvo. |

8. CONCLUSIONES

La planeación de la producción y los pronósticos son herramientas muy útiles para anticiparse a las necesidades del mercado, y poder planear la consecución de los recursos necesarios para responder a dicha demanda, por lo que su correcta implementación le permitirá a la empresa prestar un buen servicio y tener mayor capacidad de respuesta a las necesidades de los clientes permitiendo así el incremento de la competitividad.

Es importante tener en cuenta que para la implementación de mecanismos que busquen el aumento de la productividad, es necesario el manejo del cambio, por lo que la empresa presenta una desventaja, ya que por ser una pequeña empresa y por ser de connotación familiar se hace más difícil seguir este tipo de ideologías, que permitirá lograr hacer de la empresa una organización flexible y dispuesta a recibir el cambio con poca resistencia.

Con la implementación de este proyecto y con la aplicación de herramientas técnicas desarrolladas por la ingeniería se pudo estructurar un plan de mejoramiento en un mediano y largo plazo y el desarrollo de acciones de mejoramiento que le permitió a INDUSTRIAS MACAR S.A. validar su hipótesis inicial de baja competitividad.

La conformación del equipo de mejoramiento y el desarrollo de tormentas de ideas dio como resultado, la identificación de los problemas, esta información fue analizada mediante la utilización de la matriz priorización direccionando el curso de la investigación. El uso de esta herramienta deja a la empresa una enseñanza de métodos para análisis y priorización de problemas, para esta investigación se pudo priorizar tres (3) problemas de diecinueve (19) hallazgos los cuales permiten encaminar la investigación.

El diagrama causa- efecto fue una herramienta de gran importancia para la investigación en la medida en que permitió hacer un análisis profundo de la situación actual de la empresa ayudando a establecer los planes de mejoramiento.

La investigación arrojó datos contundentes de la sub utilización de la capacidad de la producción de la línea de masillas, identificó un aprovechamiento del 26.78 % de la línea de producción del producto líder (Masilla 34-1), incluyendo sobrecostos en la operación por las horas extras realizadas para cumplir la demanda, lo cual le permitirá a la gerencia de la empresa implementar estrategias de mercadeo y ventas más agresivas de este producto para mejor aprovechamiento de su capacidad de producción .

Debido a la ineficiencia en el balance de las líneas y los equipos de producción, se está sub utilizando su capacidad instalada lo que se traduce en altos costos de producción, problemas de calidad y baja rentabilidad, lo anteriormente mencionado no permitía el establecimiento de los tiempos de producción pues el operario se limitaba a producir cantidades diferentes inferiores a la capacidad instalada y cambiaba los procesos y procedimientos a su criterio, respondiendo a los pedidos de los clientes sin tener en cuenta que un inventario (stock) de producto terminado que le permitiera a la empresa dar respuesta oportuna a los requerimientos de los clientes con el fin de incrementar el volumen de venta.

Otro hallazgo que reafirmaba la baja competitividad en el mercado por inconvenientes en la producción, que ocasionaban paradas de planta, estaba directamente relacionado con la requisición de materias primas, proceso que se desarrollaba de manera empírica y sin una herramienta metodológica, por lo cual, partiendo de la información histórica de ventas se logró establecer y probar un modelo de pronósticos ajustado al tipo de demanda con un error promedio muy bajo de 2.8, significando un pronóstico muy acertado, este resultado le permite a la empresa confiar en la proyección de la demanda para los próximos trimestres. El uso de esta herramienta deja a la empresa una enseñanza de métodos de trabajo efectivos que le permitan mejorar la competitividad.

La investigación se centró en uno de sus planes de acción en el establecimiento de un modelo de control de inventarios de la materia prima principal para el producto líder, este modelo pretende contribuir estratégicamente al incremento del nivel de competitividad de la empresa en la medida en que calcula el punto de reorden, el tamaño del lote ideal de compra de la materia prima principal, minimizando la posibilidad de una parada de planta.

Otro aspecto que arrojó la investigación en el plan de acción a corto plazo para minimizar las paradas de planta por faltantes de materias prima fue los factores externos, por lo cual se recomienda que se tenga un contenedor de 20.000 kg de

anhídrido ftálico por seguridad, pues aunque el método EOQ es muy certero y los proveedores han tenido un record de cumplimiento en los despachos es importante tener en cuenta los inconvenientes que se puedan presentar durante el tiempo de transporte de la carga terrestre sin desconocer que el puerto de buenaventura presenta grandes congestiones de carga o el buque puede presentar retrasos en otros puertos otro aspecto a tener en cuenta es el tipo de producto pues al ser químico tiene un proceso especial de control por parte de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) que pueden tardar hasta 5 días más de lo normal.

La productividad de la planta de resinas después de la implementación del plan de mejora fue del 90% más con respecto a la productividad medida en el mes de septiembre, lo que demuestra el desaprovechamiento de la capacidad instalada de la planta. Se recomienda a la gerencia reforzar la fuerza de venta para el mejor aprovechamiento de la misma.

Para finalizar este proyecto de investigación fue altamente valioso para romper la barrera de resistencia al cambio de los modelos tradicionales, pues le permitió validar a la empresa en un corto plazo la utilización de herramientas y modelos que podrán ser utilizados para futuros desarrollos que permitan incrementar la rentabilidad, la competitividad y la permanencia en el mercado.

BIBLIOGRAFIA

ASAKA, Tetsuichi. Manual de Herramientas de Calidad: El enfoque Japonés. Tokio: Japanese Standards Association, 1988. p. 123

ADAM, Everett E. Jr.; EBERT, Ronald J. Administración de la producción y las operaciones. 4 ed, Prentice hall, 1991. 739 p. ISBN 986.880.221.2

CASANOVA, Fernando. Productividad y trabajo decente. Boletín No.153.[en línea]. Cinterfor Montevideo, 2002 [Consultado 25 Marzo de 2012]. Disponible en internet <http://www.cinterfor.org.uy/public/spanish/region/ampro/cinterfor/publ/boletin/153/pdf/casanov.pdf>

CASTAÑÓN IBARRA, Rosario. La política industrial como eje conductor de la competitividad en las PYMES. México: Fondo de Cultura Económica. 2005. 213 p ISBN 9681678109

CIFUENTES PERDOMO, Andrés Felipe; HERNÁNDEZ VARGAS, José Guillermo. Propuesta para el mejoramiento de la eficiencia de mano de obra y normalización en las secciones de manufactura y empaque de una empresa de productos farmacéuticos. Trabajo de Grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería, 2001. 236 p

DIAGRAMAS DE PROCESOS. Ingeniería de Métodos. [en línea]. [consultado 02 de Marzo de 2012].Disponible en internet :<http://ingenieriametodos.blogspot.com/2008/07/diagramas-de-procesos.html>

GAITHER, Norman; FRAZIER Greg. Administración de la producción y operaciones, octava edición. México. International Thomson editores.1999. ISBN 970-686-031-2. 847 p

GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del Trabajo. Ingeniería de Métodos. 4 ed. México: McGraw-Hill, 2000. 157 p. ISBN 970-10-1697-1.

HARRINGTON, H. James. Mejoramiento de los Procesos de la Empresa. Estados Unidos: McGraw Hill, 1994. 28 p

HERNANDEZ VEGA, Manuel Orlando, MUÑOZ MEZA, Mónica Cristina. Diseño de una metodología para la plantación y programación de la producción de café tostado y molido en la planta de Colcafé. [en línea]. Bogotá. [Consultado 24 Marzo de2012] Disponible en internet <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis175.pdf>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS y CERTIFICACIÓN. Trabajos escritos: presentaciones y referencias bibliográficas. NTC 1486, 5613, 4490. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. 92 p.

JACOBS, David, y HOMBURGER, Alfred. Cómo hacer que su empresa sea competitiva. Madrid España: Ediciones Díaz de Santos S.A. 1992. 162 p. ISBN 84-7978-051-7.

KUME, Hitoshi. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Bogotá: Norma 1998. 106 p.

LONDOÑO ROJAS, Johanna. Plan de mejoramiento con implementación de métodos en el proceso de corte de espuma para la empresa Espumas del Valle S.A. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali. Universidad autónoma de occidente. Facultad de Ingenierías. 2012. 164 p

MANRIQUE ARIZA. Darlene Andrea, Diseño de un plan de producción y distribución en planta para una empresa del sector de fabricación de productos de plástico. . [en línea]. Bogotá. [Consultado 28 Marzo de2012] Disponible en internet <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis257.pdf>

MARIÑO NAVARRETE, Hernando. Gerencia de Procesos. Bogotá: Alfaomega, 2001. 30 p.

MONKS, Joseph G. Administración de operaciones 1 ed. México: McGraw-Hill. 1987. 397 p. ISBN 986-451-848-X.

NEIBEL, Benjamín Y FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. 11 edición. México: Alfaomega, 2004. 745 p. ISBN 958-682-539-6.

PENA ZAPATA, Gloria Elena, Estudio de métodos y tiempos en la planta de producción de La empresa Metales y Derivados S.A. [en línea]. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. [Consultado 20 Marzo de 2012] Disponible en internet Disponible en Internet. <http://www.bdigital.unal.edu.co/872/>

STANTON, William J. Fundamentos del Marketing. México: McGraw Hill, 1999. 178 p.

TOMÁS A. R. FUCCI, Enfoque Actual De Las Técnicas Y Sistemas De Producción. [en línea]. . [Consultado 12 Agosto de 2012] Disponible en internet [http://www.econ.uba.ar/.../producción/.../JIT-MCM%20\(18\)DIECIOCHO](http://www.econ.uba.ar/.../producción/.../JIT-MCM%20(18)DIECIOCHO) p

ANEXOS

Anexo A. Formato acta de reuniones del equipo de mejoramiento.

| INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A EQUIPO INTERDISCIPLINARIO PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS | | |
|---|-----------------------------------|--|
| ACTA DE REUNION N° | 1 | |
| FECHA | MARZO 5 DE 2012 | |
| ASISTENTES | JEFE DE COMPRAS | |
| | JEFE DE PRODUCCION | |
| | GERENTE | |
| | ACESOR EXTERNO | |
| | REPRESENTANTE SERVICIO AL CLIENTE | |
| TEMAS A TRATAR | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| ACCIONES A REALIZAR | COMPROMISOS CUMPLIDOS | |
| | | |
| | | |
| | | |
| AVANCES REALIZADOS | COMPROMISOS INICIADOS | |
| | | |
| | | |
| | | |
| CONCLUSIONES | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Anexo B. Resumen de reclamos de los clientes por incumplimiento de especificaciones de calidad durante el segundo trimestre del año 2012

| INDUSTRIAS MACAR PALMIRA S.A | | | | | | |
|---|--------------|------------|------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| RESUMEN DE RECLAMOS DE LOS CLIENTES POR ESPECIFICACIONES DE CALIDAD | | | | | | |
| | | FACTORES | | | | |
| FECHA | PRODUCTO | VISCOCIDAD | SECAMIENTO | PODER CUBRIENTE | PUNTOS O GRUMOS | COLOR ESTANDAR |
| 02/04/2012 | masilla 34-1 | | X | | | |
| 06/04/2012 | esmalte 53 | X | | | | |
| 10/04/2012 | esmalte 56 | | | | | X |
| 14/04/2012 | resina 10 | X | | | | |
| 17/04/2012 | masilla 20-0 | | | | X | |
| 18/04/2012 | esmalte 57 | X | | | | |
| 29/04/2012 | esmalte 54 | | | X | | |
| 04/05/2012 | masilla 34-1 | X | | | | |
| 09/05/2012 | resina 10 | | X | | | |
| 12/05/2012 | esmalte 58 | | | X | | |
| 27/05/2012 | esmalte 53 | | X | | | |
| 28/05/2012 | masilla 35 | | | | | X |
| 08/06/2012 | laca 94 | | X | | | |
| 11/06/2012 | esmalte 52 | X | | | | |
| 20/06/2012 | resina 10 | X | | | | |
| 29/06/2012 | esmalte 55 | | | | X | |
| | | | | | | |

Anexo C. Consumo de materias primas durante el periodo julio de 2011 junio de 2012

| CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS 2011-2012 | | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|--------------------|
| CANTIDAD TON / AÑO | MATERIAS PRIMAS | % | % acumulado |
| 341,5 | ANHIDRIDO FTÁLICO | 13,6 | 13,6 |
| 202,7 | TALCO BLANCO | 8,1 | 21,6 |
| 182,8 | RESINA 100 | 7,3 | 28,9 |
| 179,7 | TALCO GRIS | 7,1 | 36,0 |
| 140,4 | RESINA SPJ | 5,6 | 41,6 |
| 140,3 | ESTIRENO | 5,6 | 47,2 |
| 131,4 | RESINA 13-92 | 5,2 | 52,4 |
| 124,3 | VAR SOL | 4,9 | 57,3 |
| 107,1 | XIOL | 4,3 | 61,6 |
| 87,4 | FUSELL DESH | 3,5 | 65,0 |
| 82,0 | EMULSION | 3,3 | 68,3 |
| 74,4 | ACETATO DE AMILO | 3,0 | 71,3 |
| 55,1 | PROPILEN GLICOL | 2,2 | 73,4 |
| 50,7 | ANHIDRIDO MALEICO | 2,0 | 75,5 |
| 49,5 | ACEITE DE SOJA | 2,0 | 77,4 |
| 47,6 | ACEITE DE CASTOR | 1,9 | 79,3 |
| 46,7 | DIETILEN GLICOL | 1,9 | 81,2 |
| 39,5 | PANELA EN XIOL | 1,6 | 82,7 |
| 37,6 | ETILEN GLICOL | 1,5 | 84,2 |
| 36,1 | XIOX DE TIL | 1,4 | 85,7 |
| 35,2 | ACIDO ACETICO | 1,4 | 87,1 |
| 31,8 | DIETIIOXIDO DE TITL | 1,3 | 88,3 |
| 25,9 | METANOL | 1,0 | 89,4 |
| 24,6 | RESINA P | 1,0 | 90,3 |
| 24,3 | NITRO ½ | 1,0 | 91,3 |
| 23,5 | PLASTIFICANTE | 0,9 | 92,2 |
| 21,5 | RESINA 149 | 0,9 | 93,1 |
| 15,7 | FUSELL | 0,6 | 93,7 |
| 14,7 | PENTAERITRITOL | 0,6 | 94,3 |
| 13,8 | NITRO 1000 | 0,5 | 94,8 |
| 12,1 | ACETATO DE PROPILO | 0,5 | 95,3 |

| CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS 2011-2012 | | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|--------------------|
| CANTIDAD TON / AÑO | MATERIAS PRIMAS | % | % acumulado |
| 11,0 | CUARZO | 0,4 | 95,8 |
| 10,9 | POLIMERO 295 | 0,4 | 96,2 |
| 10,7 | CONTI ALGH | 0,4 | 96,6 |
| 10 | COLOFONIA | 0,4 | 97,0 |
| 10 | CARB CALCIO | 0,4 | 97,4 |
| 10 | RESINA URE | 0,4 | 97,8 |
| 10 | Q-CELL | 0,4 | 98,2 |
| 8 | RESINA DE PALMA | 0,3 | 98,6 |
| 7 | BUTIL CELLOSOLVE | 0,3 | 98,8 |
| 7 | CALB DE CALCIO | 0,3 | 99,1 |
| 6 | TALL OIL | 0,2 | 99,4 |
| 6 | GLICERINA | 0,2 | 99,6 |
| 4 | ESTI ZINC | 0,2 | 99,7 |
| 3 | PASTA NEGRA | 0,1 | 99,8 |
| 2 | ALCOHOL IND | 0,1 | 99,9 |
| 2 | AMARILLO CROMO | 0,1 | 100,0 |
| 2517,7 | TOTAL | | |

Anexo D. Ventas de producto terminado en el periodo julio 2011 a junio 2012

| Ventas julio 2011 a junio de 2012 | | | |
|-----------------------------------|----------------------|-------------|-------------|
| GALONES /AÑO MILES | PRODUCTO TERMINADO | % | ACUMULADO % |
| 83.139 | MASILLA 34-1 | 30,2% | 30% |
| 49.029 | RESINA 10-0 | 17,8% | 48% |
| 41.044 | MASILA 200 | 14,9% | 63% |
| 17.732 | ESMALTE 53 | 6,4% | 69% |
| 14.377 | MASILLA 34 | 5,2% | 75% |
| 13.526 | SELLADOR 2 | 4,9% | 80% |
| 9.123 | SELLADOR 1 | 3,3% | 83% |
| 6.392 | ESMALTE 53-7 | 2,3% | 85% |
| 5.183 | MASILLA 34-3 | 1,9% | 87% |
| 4.220 | BASE NEGRA | 1,5% | 89% |
| 3.927 | ANTICORROSIVO GRIS | 1,4% | 90% |
| 3.702 | ESMALTE 53-2 | 1,3% | 91% |
| 3.520 | ANTICORROSIVO BLANCO | 1,3% | 93% |
| 3.364 | ANTICORROSIVO NEGRO | 1,2% | 94% |
| 3.307 | ESMALTE 53-3 | 1,2% | 95% |
| 2.824 | ESMALTE 53-5 | 1,0% | 96% |
| 2.693 | ESMALTE 53-1 | 1,0% | 97% |
| 2.602 | BASE ROJA | 0,9% | 98% |
| 2.113 | BASE BLANCA | 0,8% | 99% |
| 1.656 | MASILLA 35 | 0,6% | 99% |
| 937 | PASTA 200 | 0,3% | 100% |
| 510 | PASTA 204 | 0,2% | 100% |
| 274920 | TOTAL | 1,00 | |

Anexo E. Ventas en galones de producto líder masilla 34-1 periodos julio 2009 junio 2012

| AÑO | TRIMESTRE | DEMANDA TRIMESTRAL /GALONES |
|------|-----------|-----------------------------|
| 2009 | 2009-3 | 22728 |
| | 2009-4 | 22913 |
| 2010 | 2010-1 | 27250 |
| | 2010-2 | 25002 |
| | 2010-3 | 23217 |
| | 2010-4 | 25289 |
| | | |
| 2011 | 2011-1 | 27630 |
| | 2011-2 | 29978 |
| | 2011-3 | 24464 |
| | 2011-4 | 24287 |
| | | |
| 2012 | 2012-1 | 29630 |
| | 2012-2 | 28471 |

Anexo F. Registro de paradas de planta y línea de producción Periodo Julio 2011-Junio 2012

| PAROS DE PLANTA Y LINEA DURANTE PERIODO JULIO DE 2011 A JUNIO DE 2012 | | | |
|--|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| FECHA | LINEA | TIEMPO EN HORAS O DIAS | CAUSA |
| 15 JULIO DE 2011 | ESMALTES | 4 | FALTA DE RESINA ALQUIDICA |
| 29 JULIO DE 2011 | MASILLAS | 3,5 | FALTA DE SOLVENTE 3 |
| 3 AGOSTO DE 2011 | RESINAS | 8 | FALTA DE TALCO |
| 25 AGOSTO DE 2011 | ESMALTES | 4 | FALTA DE RESINAS |
| 20 SEPTIEMBRE DE 2011 | MASILLAS | 8 | FALTA DE RESINAS |
| 27 OCTUBRE DE 2011 | MASILLAS | 3 | FALTA DE |
| 30 OCTUBRE DE 2011 | RESINAS | 8 | FALTA DE FUSEL |
| 2 NOVIEMBRE DE 2011 | RESINAS | 8 | FALTA DE ACEITE |
| 23 NOVIEMBRE DE 2011 | ESMALTES | 4 | FALTA DE SECANTES |
| 16 DICIEMBRE DE 2011 | ESMALTES | 3 | FALTA DE PIGMENTO |
| 20 DICIEMBRE DE 2011 | RESINAS | 5 | FALTA DE SOLVENTE 3 |
| 13 ENERO DE 2012 | ESMALTES | 3 DIAS | FALTA DE EMPOI |
| 18 ENERO DE 2012 | MASILLAS | 3 | FALTA DE PIGMENTO |
| 27 ENERO DE 2012 | ESMALTES | 4 | FALTA DE PASTA |
| 18 FEBRERO DE 2012 | RESINAS | 6 | FALTA ANHIDRIDO MALEICO |
| 12 MARZO DE 2012 | MASILLAS | 4 | FALTA DE TALCO |
| 19 MARZO DE 2012 | ESMALTES | 4 | FALTA DE INHIBIDOR |
| 25 ABRIL DE 2012 | PARO PLANTA | 3 DIAS | FALTA DE ANHIDRIDO FTALICO |
| 3 ABRIL DE 2012 | ESMALTES | 3 | FALTA DE SECANTES |
| 3 MAYO DE 2012 | ESMALTES | 5 | FALTA DE PIGMENTO |
| 23 MAYO DE 2012 | MASILLAS | 4 | FALTA DE TALCO |
| 11 JUNIO DE 2012 | PARO LINEA ESMALTES | 8 DIAS | FALTA DE SOLVENTE 1 |
| 28 JUNIO DE 2012 | ESMALTES | 3 | FALTA DE RESINA ALQUIDICA |